

Die Neuerungen und Fortschritte auf dem Gebiete der Sprengtechnik in Oesterreich-Ungarn.

Vortrag, gehalten im Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine am 17. März 1883.

Von **Hugo Münch**, Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 24.)

Die Geschichte der Sprengarbeit und ihre culturelle Bedeutung wurde Ihnen, meine Herren, schon vor Jahren von berufenster Seite in geistvoller Weise vor Augen geführt;*) auch Neuerungen auf dem Gebiete der Sprengtechnik und wichtigere Arbeiten sind schon häufig in den Versammlungen unseres Vereines zum Gegenstande hochinteressanter Vorträge gewählt worden, oder füllten die Spalten unserer Zeit- und Wochenschrift.

Wenn ich der ehrenvollen Aufforderung des geehrten Vortrags-Comité's nachkomme, und heute über Neuerungen und Fortschritte der Sprengtechnik spreche, so kann ich mich natürlich nur an die jüngsten Leistungen auf diesem Gebiete halten, und jener der früheren Jahre nur so weit gedenken, als es mein Vortrag erheischt.

Von diesen Neuerungen will ich blos die wichtigsten hervorheben; ehe ich jedoch zu deren Besprechung übergehe, glaube ich jetzt schon zur hohen Befriedigung Aller sagen zu müssen, dass mancher bedeutungsvolle Fortschritt, welcher auf dem Gebiete der Sprengtechnik im Laufe der letzten Jahre geschaffen wurde, aus Oesterreich stammt, und dass unser Verein daran seinen redlichsten Antheil hat.

So führte auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 eine österreichische Firma, deren damaliger Chef ein Mitglied unseres Vereines war, das erste Mal die moderne Sprengtechnik in allen ihren Zweigen der technischen Welt vor Augen. Und obgleich damals erst eine kurze Zeit vorher eine Dynamitfabrik in Oesterreich erbaut, die elektrischen Zündapparate und Gesteinsbohrmaschinen vom Auslande (England) bezogen, die elektrischen Zünder nur wenig erzeugt wurden, so gelang es bald unseren Fachleuten, derart Tüchtiges zu schaffen, dass heute unsere österreichisch-ungarischen Dynamitfabriken und deren Erzeugnisse allgemein als mustergiltig angesehen werden, und das von ihnen erzeugte Dynamit ein nicht unbedeutender Exportartikel geworden ist.

Die österreichische elektrische Zündmethode, d. h. die angewendeten Zünder und Zündapparate, welche denen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité's und denen für die technischen Truppen der Armee gelieferten nachgebildet sind, genossen einen wohlbegründeten Ruf. Weit über die Grenzen Europas hinaus gehen die Zünder und Zündapparate „österreichischen Systems“.

Ganz das Gleiche ist der Fall mit den in Wien erzeugten Gesteinsbohrmaschinen, welche im Auslande mit Vorliebe verwendet werden und von denen eine recht stattliche Menge, über alle Theile der Erde verstreut, in Thätigkeit ist.

Nicht minder ehrenvoll ist der Ruf, den sich österreichische Civil- und Militärtechniker auf dem Gebiete der

Sprengtechnik erworben haben; ihre Schriften werden in alle Sprachen übersetzt, sie selbst zu wichtigen Sprengarbeiten in's Ausland berufen.

Die Neuerungen und Fortschritte, welche in den letzten Jahren in allen Zweigen der Sprengtechnik zu verzeichnen sind, sind dem einmüthigen Zusammenwirken aller Fachmänner zu danken. Civil und Militär, grosse Corporationen und einzelne Personen haben das Ihrige dazu beigetragen, und es ist eine glänzende Reihe von Namen, wenn Jene genannt werden, die hervorragend thätig waren, sei es bei der Erzeugung der Spreng- und Zündmittel, sei es bei der Prüfung derselben und der Ergründung ihrer Eigenschaften oder bei der Construction neuer Maschinen, sei es bei der Verwendung der sprengtechnischen Hilfsmittel oder bei der Begründung wichtiger Theorien.

Ich nenne hier nur Major Dr. Beckerhinn, Werkführer Geitner, Centraldirector Hertle, Hauptmann Hess, Bergverwalter Hess v. Hesselthal, Professor Höfer, Hofrath Jarolimek, Ingenieur Könyves-Toth, Oberst Kistersitz, Major Lauer, Ober-Ingenieur Mayer, Bergdirector Macuz, Hofrath v. Pischhof, Bergverwalter Pischhof, Ober-Bergverwalter Preuss, Bergmeister Rieger, Professor Ržiha, Centraldirector Trauzl, Oberstlieutenant Travniczek, Oberst Vogel u. A. m., dann das k. k. technische und administrative Militär-Comité, die berg- und hüttenmännischen Vereine, unseren eigenen Verein und das concessionirte Bureau für Sprengtechnik von Mahler und Eschenbacher; ihnen Allen wird mit Recht ein Antheil am Erfolg und am Fortschritte zugeschrieben werden müssen.

Ueber die Fortschritte auf dem Gebiete der Sprengmittelerzeugung habe ich vergangenes Jahr in der Fachabtheilung der Berg- und Hüttenmänner unseres Vereines gesprochen; es genügt zu erwähnen, dass die Fabrikate unserer österreichisch-ungarischen Dynamitfabriken auch im Auslande bevorzugt werden und, wie ich dies auch auf meiner letzten Reise nochmals bestätigt fand, diese Bevorzugung verdienen.

Die Sprengarbeiten der letzten Jahre zeigen verschiedene Neuerungen, von denen manche ganz bedeutenden Werth besitzen.

Vor Allem ist es die genauere Kenntniss der Minenwirkung, welche sich als Fortschritt verzeichnen lässt; ihr verdankt man Sprengarbeiten, an deren Ausführbarkeit früher Niemand geglaubt hätte.

So z. B. die verschiedenen Sprengarbeiten unter Wasser, von denen vorzüglich jene Erwähnung verdienen, welche Herr Ober-Ingenieur Stern im Februar 1881 nächst St. Michele in der Etsch ausführen liess, dann die von Herrn Major Lauer der Genietruppe nach einer eigenen Methode ausgeführten Felsensprengungen unter Wasser, die von höchster Wichtigkeit sind.

*) Vortrag des Herrn Professor Franz Ržiha am 5. Jänner 1878.

Das Ausweiten von Bohrminen durch Sprengung, meines Wissens vom Major Lauer zuerst angewendet, wird in den Tagbauen der Trifailer Kohlenwerke bei den dort üblichen Massensprengungen mit Nutzen vorgenommen, und können diese Sprengungen geradezu als mustergiltig bezeichnet werden.

Im Jahre 1881 wurden über Auftrag unseres Vereinsmitgliedes, k. k. Obersten Marine-Ingenieur Kailer im Kriegshafen zu Pola eine Reihe von submarinen Felsensprengungen durchgeführt, um vor dem grossen Scheerenkahn die für die neuen Panzerschiffe nöthigen Tiefen zu schaffen. Diese Sprengarbeiten, welche mittelst auf dem Meeresgrund versenkten, mit 3 kg Dynamit I neu oder 3 kg Sprenggelatine geladenen Sprengbüchsen, von denen 3–6 gleichzeitig zur Verwendung gelangten, ausgeführt wurden, erhielten durch die vorhandenen Tiefen, (8–8.75 m unter Null), und durch die Rücksichten, welche auf Nachbarobjecte zu nehmen waren, eine besondere Wichtigkeit.

Es musste dem Steinwurfe, welcher die Quaimauer mit dem riesigen Scheerenkahn trägt, bis auf 10 m, dem Achtertheile der Panzerfregatte „Custoza“ auf 40 m, der Breitseite der Holzfregatte „Radetzky“ auf 50 m genäht werden.

Keinem dieser Objecte ist durch die Sprengungen ein Schaden erwachsen und wurde das Fahrwasser nach der Sprengung durch Baggerung um 45 cm vertieft. Ich habe diese Arbeit in den Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comités, (Jahrg. 1882, Heft 4.) näher besprochen, und erwähne selbe nur deshalb hier, weil die Anwendung grösserer Ladungen in unmittelbarer Nähe wichtiger Objecte bisher nicht versucht worden war und sich unbedenklich zeigte.

Ein im Jahre 1882 durchgeführter Sprengversuch am Trockendock zu Pola wurde zu dem Zwecke unternommen, um sich einerseits den übertrieben hohen Forderungen der Dockbau-Unternehmung nicht auf Gnade oder Ungnade überliefern zu müssen, andererseits sich Gewissheit über die Wirkung der im Absperrdamm anzuwendenden Sprengladungen auf das Quadermauerwerk des Dockes zu verschaffen. Derselbe wurde von einer eigens dazu aufgestellten Commission vorgenommen, und hatte ich die Ehre, als Delegirter unseres Vereines demselben beizuwohnen.

Hierbei wurden 8 Minen an der trockenen Rückwand der Absperrmauer, dann 2 nach Major Lauer's Manier frei angesetzte Ladungen und eine Bohrmine an der Wasserseite angebracht, und lieferten den Beweis, dass die Beseitigung der Absperrmauer durch Sprengung der einfachste und billigste Weg sei, welcher ohne Gefahr für das Mauerwerk des Dockes betreten werden könne. Es ist nicht dazu gekommen, das eine oder das andere Verfahren, welches vorgeschlagen worden war, zu erproben, da nach den erwähnten Versuchen die Bauunternehmung ihre Forderungen für Beseitigung der Absperrmauer ganz erheblich, und wenn ich mich recht erinnere, um mehr als 50% herabsetzte. Immerhin will ich es wagen, dem Urtheile so vieler erfahrener Fachmänner, wie deren unser Verein besitzt, jenes Arbeitsprogramm vorzulegen, nach welchem ich gearbeitet hätte, wenn mir die Beseitigung der Absperrmauer übertragen

worden wäre; denn ich glaube annehmen zu dürfen, dass das in demselben entwickelte Verfahren nicht ohne bedeutende technische und insbesondere ökonomische Vortheile für die Arbeitsdurchführung ausgefallen sein würde.

Ich hätte in den Körper der zu entfernenden Abschlussmauer (siehe die Skizze auf Bl. 24) Bohrminen bis zu der nöthigen Tiefe, wie folgt, herstellen lassen:

a)	40	Minen à 8.0 m	zusammen	320 m,
b)	20	" " 7.0 "	"	140 "
c)	20	" " 6.4 "	"	128 "
d)	20	" " 5.8 "	"	116 "
e)	20	" " 4.4 "	"	88 "
f)	20	" " 2.8 "	"	56 "
g)	20	" " 1.6 "	"	32 "

160 Minen, 45 mm weit, zusammen 880 m tief.

Bei dem durchgeführten Sprengversuche hatte die Mine Nr. VII, (Fig. 2 a, Bl. 24) von 1.5 m Vorgabe und 1.600 kg Ladung einen Trichter von 1.5 m Halbmesser ausgeworfen; daraus ergibt sich bei 1 m Vorgabe und einer mittleren Minenentfernung von 2 m eine Ladungsmenge von rund 0.720 kg und wären die einzelnen Ladungen nicht concentrirt, sondern in den Bohrlöchern vertheilt angebracht worden.

Es hätte jedes Bohrloch, je nach seiner Tiefe, 4, 3, 2 oder 1 Ladung erhalten (Fig. 2 b); demnach die Bohrlöcher:

a)	160	Ladungen, je 4 übereinander,
b)	80	" " 4 "
c)	80	" " 4 "
d)	60	" " 3 "
e)	40	" " 2 "
f)	40	" " 2 "
g)	20	" " 1 allein

oder zusammen 480 Ladungen à 720 g.

Alle Ladungen eines Bohrloches wären gleichzeitig elektrisch gezündet, das abgesprengte Materiale von Zeit zu Zeit durch Baggerung beseitigt worden, und das Trockendock selbstverständlich mit Wasser angefüllt gewesen.

Da ich den Meter Bohrloch mit fl. 1.50, das Kilogramm Dynamit loco Pola inclusive Laborirarbeit mit fl. 1.65, jeden elektrischen Zünder mit 10 kr., den aufgewendeten Draht mit fl. 110 berechne, und annehme, dass beim Sprengen 1 Ingenieur, 1 Gehilfe und 4 Arbeiter beschäftigt gewesen wären und das Sprengen 14 Tage erfordert hätte, so würden die Kosten folgende Beträge erreicht haben:

Bohrarbeit 880 m à fl. 1.50	fl. 1320.—
350 kg Dynamit I à fl. 1.65 ca.	" 577.50
500 elektrische Zünder à 10 kr.	" 50.—
20 kg Guttaperchadraht à fl. 5.50	" 110.—
Aufsicht und Arbeitspersonale.	" 500.—
Summe ö. W. fl. 2557.50	

Rechnet man hierzu noch an Regie, Versäumniss durch schlechtes Wetter etc. 20% Regiekosten mit fl. 511.50, so ergibt sich der Gesamtkostenbetrag exclusive der Baggerung mit ö. W. fl. 3069.

Die Probesprengungen, welche nach Angabe des Major Lauer vorgenommen wurden, haben gezeigt, dass die ganzen Sprengarbeiten ohne jede Gefahr für das Trockendock und dessen Umgebung durchgeführt werden konnten; auch das

von unserem Vereine an die Marinesection des k. k. Reichs-Kriegsministeriums abgegebene Gutachten hatte schon vorher dieselbe Ueberzeugung ausgesprochen.

Ich gelange nunmehr zur Besprechung der sprengtechnischen Arbeiten bei dem Baue des Canals durch den Isthmus von Corinth.

Wie Ihnen bekannt ist, hat unser Vereinsmitglied, Herr Ober-Ingenieur Bela Gerster, über Auftrag des General Tür r das Canalproject verfasst. *) Gegenwärtig hat eine in Paris gegründete Gesellschaft die Realisirung des Projectes übernommen und gegen Zahlung einer Pauschalsumme von 26,400.000 Frs. den Bau des Canals einer General-Bauunternehmung übertragen. Ober-Ingenieur Gerster übt die Baucontrole aus und hat hierbei Ingenieur Pietsch und zwei Assistenten zur Seite.

Der technische Director der Bauunternehmung ist der frühere Central-Inspector der Franzens-Canal-Gesellschaft Stefan Kauser, dessen Ingenieure, mit Ausnahme des Ingenieur Konjevich durchgängig Franzosen sind.

Der Chef der Mineurarbeiten ist ein Oesterreicher, der beurlaubte Unterofficier der k. k. Genietruppe Franz Tausche, welcher seinerzeit mit Bergrath Wolf und mir an dem Quellschachte zu Teplitz und unter Ober-Ingenieur Stern an den schon erwähnten Etsch-Regulierungsarbeiten thätig war.

Bereits vor einem Jahre, noch bevor der Bau factisch begonnen hatte, stand ich mit Gerster und Kauser namentlich mit Ersterem, behufs eingehender Besprechung des Arbeitsplanes in Verbindung.

Ausgedehnte Sprengversuche, die wir in den weichen Steinbrüchen ober Wöllersdorf bei Wr. Neustadt, am linken Ufer des Kalten Ganges, zur näheren Information vornahmen, liessen bei Ober-Ingenieur Gerster den Entschluss reifen, die Jarolimek'sche Drehbohrmaschine, durch Dampf betrieben, bei den Bohrarbeiten am Canal zu verwenden.

Es wurde damals beschlossen, den Einschnitt bis 2 m ober Nullwasser von beiden Canalenden her zu betreiben, u. zw. derart, dass von einem Hängegerüste aus die Stirnwand des Einschnittes mit 3 m tiefen Horizontal-Bohrminen besetzt, von + 2 m ober Nullwasser an Minen von 10 bis 11 m Tiefe vertical gebohrt werden und hierauf in unmittelbarer Aufeinanderfolge die unteren Minen und dann jene an der Wand elektrisch und gleichzeitig gezündet werden sollten.

Bald aber drängte sich uns die Ueberzeugung auf, dass Bohrarbeit, Sprengarbeit und Materialtransport, die Hand in Hand gehen müssen, nur einander hemmen würden und einen zu grossen Zeitverlust verursachen müssten.

Um daher Letzteres zu vermeiden, glaubten wir den Plan fassen zu dürfen, die Sprengarbeit durch tiefe Verticalminen zu bewirken, sobald sich das Bohren auf die erforderlichen Tiefen als durchführbar erweisen sollte, da in diesem Falle die Bohrarbeit ganz unabhängig von den anderen Arbeiten sich durchführen liess. Zu diesem Zwecke vorgenommene Berathungen in der Fabrik von Georg Topham liessen uns hoffen, Bohrmaschinen zu erhalten, mittelst welchen wir 60 m tiefe Verticalminen rasch genug

bohren könnten; es wurden dementsprechend zwei Bohrmaschinen in Bestellung gebracht und gebaut, u. zw. eine Drehbohrmaschine nach dem Patente Jarolimek und eine Vertical-Drehbohrmaschine mit auslösbarer Mutter.

Die Drehbohrmaschine nach dem Patent Jarolimek erhielt zwei Treibcylinder von 70 mm Diameter und 90 mm Kolbenhub, ferner zum schnellen Zurück- und Vorführen des Bohrers einen oscillirenden Cylinder von 60 mm Diameter und 70 mm Kolbenhub. Das Gestänge erhielt 60 mm Durchmesser und der Kronenbohrer 70 mm. Diese Maschine hat die Bestimmung, horizontale oder doch nahezu horizontale Bohrlöcher von 3 m Tiefe herzustellen. Die Maschine erfordert Dampf von 3 Atmosphären Spannung, und beträgt deren Bohrleistung in fester Kreide inclusive Bohrerwechsels pro Stunde 3 m Bohrtiefe, wobei circa 140 l Spülwasser erforderlich sind.

Die Vertical-Drehbohrmaschine mit auslösbarer Mutter erhielt zwei Treibcylinder von 120 mm Diameter, 150 mm Hub, und wurde auf einen Bohrwagen befestigt. Das Gestänge ist 78 mm stark, der Kronenbohrer 90 mm. Die Bohrleistung stellte sich im Mittel inclusive des Gestängewechsels und Gestängeheraushebens nach Beendigung des Bohrens auf 19.5 m in 5 Stunden, wovon 1 Stunde 30 Minuten auf das Ausschalten der Mutter entfielen, während welcher Zeit der Bohrer leer lief, weil zu harte Steinschichten das Bohren mit festgeklemmter Schraubenspindel nicht gestatteten.

Die Bohrmaschine erfordert pro Stunde circa 260 l Spülwasser.

Der zu den Versuchsbohrungen verwendete Dampfkessel ist ein von Bächele & Comp. bezogener fahrbarer Locomobilkessel mit 19.5 m² Heizfläche, und hielt derselbe während des Bohrens 3—4 Atmosphären Spannung.

Ich hatte zu dieser Maschine nur 20 m Gestänge nach Corinth gesendet, da ich darauf Bedacht nehmen musste, dass sich voraussichtlich Aenderungen gerade am Gestänge als nothwendig herausstellen würden.

In der That ergab sich die Nothwendigkeit, den Bohrwagen zu erhöhen, auf denselben zum Heben der Bohrspindel einen Krahn aufzusetzen, die Verbindung des Gestänges mit der Bohrspindel zu vereinfachen, dem Gestänge einen äusseren Durchmesser von 60 mm, einen solchen inneren von 25 mm zu ertheilen und die directe Schraubenverbindung anzuwenden; ferner erforderte auch die Bohrerform eine Aenderung, und musste dem Bohrer ein Durchmesser von 95 mm gegeben werden.

Immerhin haben wir die Ueberzeugung gewonnen, dass die Bohrmaschine das Bohren von 60—62 m tiefen Bohrlöchern gestattet.

Die Fabrikleitung von G. Topham hat mit beiden Maschinen, namentlich mit der Verticalmaschine ungetheiltes Lob geerntet. Dasselbe Lob verdient der von Bächele gelieferte Dampfkessel, der sich rühmlich von ähnlicher anderweitiger Waare unterschied. —

Die Trace des Canals, wie sie Ober-Ingenieur Gerster festgestellt (siehe Plan auf Bl. 24), ist nahezu die des alten Neronischen Canals, von dem noch die Spuren an den beiden Endpunkten, sowie 35 Schächte und eine sehr schön gearbeitete Cisterne vorhanden und erkennbar sind.

*) Eine Mittheilung hierüber enthält die Wochenschrift 1881, S. 247. D. R.

Das beigegebene geologische Längenprofil (Fig. 4) zeigt die Lage dieser Schächte, von denen Nr. 4 bis zur Nullwasserlinie — 58'880 m tief — Nr. 13 auf 32'580 m Tiefe ausgeräumt worden sind.

Diese Schächte liegen rechts und links der jetzigen Trace, circa 75 m von einander und 40 m von der Canalachse entfernt.

Der angenommene Arbeitsplan, welcher zum Theil auch schon in der Ausführung begriffen ist, ist folgender: Der Einschnitt wird in der Strecke von Profil km 2'650 bis km 4'750 im englischen Betriebe hergestellt, und wurden zu diesem Zwecke die Schächte Nr. I bei km 3'177 bis Nr. X bei km 4'601 abgeteuft.

Die mittlere Entfernung dieser Schächte von einander beträgt 150 m, während ihre Tiefe zwischen 12'97 m (Nr. X) und 27'33 m (Nr. V) schwankt. Der Schacht-Querschnitt ist in der Richtung der Trace 2 m, senkrecht darauf 3 m.

Anfang December 1882 waren von den Schächten aus 30 m Stollen von 2 m Höhe und 1'3 m Breite und Ende Jänner 1883 bereits 450 m solcher Stollen fertig, und begannen die Einschnittsarbeiten von den beiden Endpunkten (Kopfeinschnitten) bei Profil km 2'650 und km 4'800. Der fertige Stollen wird sodann zu einem Tunnel von 3 m Breite und 4 m Höhe erweitert, damit mit entsprechend grossen Lowries und einer Locomotive eine ausgiebige Materialförderung erzielt werden könne.

Das geförderte Materiale des im englischen Betriebe stehenden Einschnittes wird auf der Seite von Corinth in ein Seitenthal, auf der Seite von Kalamaki an das Meeresufer abgelagert werden.

Unterdessen soll von beiden Canalründungen gegen die Mitte zu durch Sprengung und Baggerung der Aushub des Canales auf 8 m unter Nullwasser begonnen werden.

Die hiebei nöthigen Bohrlöcher werden stets bis zu 8 m unter die Nullwasserlinie und in verticaler Richtung geführt und in Reihen von 5—7 Bohrlöchern derart angeordnet, dass die Reihen senkrecht auf die Canalachse stehen und unter einander einen Abstand von 3 m, die Bohrlöcher einer Reihe dagegen einen solchen von 5 m, von Lochmitte zu Lochmitte gemessen, erhalten. Auch werden die Bohrlöcher einer Reihe stets gleichzeitig abgesprengt.

Ueberschreitet die Bohrlochtiefe 15 m, so wird das Absprengen staffelweise vorgenommen werden; in beiden Fällen wird es erreicht, dass die Baggermaschinen in den Canal einfahren und sich successive weiterarbeiten können, ihre Thätigkeit überhaupt nur durch das Sprengen selbst, also kaum durch die Dauer einer Stunde per Tag eingestellt ist.

Ist einmal der englische Einschnitt zwischen km 2'650 und 4'800 vollendet, so beginnt das Bohren der 60 m tiefen Bohrlöcher mittelst 12 Vertical-Bohrmaschinen, u. zw. in der Weise, dass deren je 6 bei km 2'4 und bei km 4'8 gegen die Canalmitte vorrückend aufgestellt werden. Sind schliesslich mit den Sprengungen die Stationen km 2'400 und 4'800 erreicht, so wird die Sprengarbeit dieser Strecke in 4 Staffeln von je 15 m Höhe und 3 m Breite (Fig. 5 auf Bl. 24) erfolgen.

Bevor ich zur Beschreibung der Sprengarbeiten schreite, glaube ich vorerst noch der maschinellen Bohrarbeit, wie selbe durchgeführt werden wird, einige Worte widmen zu müssen.

Bei km 5'500 ist ein Brunnen geteuft worden, welcher eine hinreichende Menge Süsswasser als Spülwasser liefert, das durch eine daselbst aufgestellte zweicylindrige Pumpe geschöpft und durch einen Accumulator mit 13.000 kg Last dem Betriebe nutzbar gemacht wird.

Vom Accumulator führt ein 60—80 mm weiter Rohrsrang bis zu km 0'600 und sind von 50 zu 50 m T-Stücke mit Absperrventilen im abzweigenden Arme derart angebracht, dass überall Spülwasser für die Bohrmaschine abgezweigt werden kann.

In Entfernungen von 5 m (Geleismitte zu Geleismitte) liegen 7 Bahngeleise von 1 m Spurweite, von denen jene II—VII mit Bohrmaschinen und jene III und V überdies mit je einem 24pferdekräftigen Locomobilkessel besetzt sind.

Das Geleise I bleibt vorläufig frei. Die beiden Dampfkessel treiben je 3 Bohrmaschinen, die alle das Bohren gleichzeitig beginnen. Zur Maschinenbedienung und zur Aufsicht sind angestellt:

Pro Locomobilkessel 1 Heizer, 1 Handlanger;

„ Bohrmaschine 1 Bohrmeister, 2 Handlanger;

ausserdem für je 3 Maschinen 1 Maschenschlosser, und ein Aufseher.

Zur Bedienung der Wasserwechsel ist 1 Mann bestimmt, die beiden Bohrplätze werden überdies von einem Maschinen-Ingenieur überwacht.

An jeder Bohrmaschine wird ein elektrischer Lärapparat angebracht, welcher ertönt, sobald die Bohrmaschine gehoben wird, was dann eintritt, wenn der Bohrer auf härtere Schichten trifft.

In diesem Falle öffnet der Bohrmeister die theilbare Mutter, welche erst über Anordnung des Aufsehers wieder geschlossen werden darf.

Die Bohrmaschine auf dem Geleise VII, welche nur 19'5 m tiefe Löcher bohrt, geht nach Fertigstellung des ersten Bohrloches 3 m zurück und bohrt das zweite, worauf sie auf das Geleise I übergeht und vier Bohrlöcher hintereinander zu bohren hat.

Jede Bohrmaschine ist mit einem doppelten Gestänge versehen, damit sie mit dem zweiten ein neues Bohrloch beginnen könne, ehe das erste eingebohrte von einer besonderen Arbeiterpartie wieder gehoben und zerlegt worden ist. Das Bohren beginnt mit einem 1 m langen Gestängestück, während später immer 2 m lange Stücke aufgeschraubt werden, so dass zu den tiefsten Bohrlöchern endlich 61 m Gestänge aneinander geschraubt sind.

Es steht zu erwarten, dass die Bohrarbeit zwischen km 2'400 und 4'800 nahezu beendet sein wird, ehe das gleichzeitig in der Richtung auf jene durchzuführende Absprengen von 0 und von km 6'300 diese Stationen erreicht haben wird. Die hergestellten Bohrminen werden bis zum Laden durch Rundkeile geschlossen.

Es wird höchst wahrscheinlich nöthig werden, den Bohrschmand durch eine besondere Spülvorrichtung zu entfernen, indem während des Bohrens stets ein Theil des-

selben zurückbleibt. Das in den Bohrminen verbleibende Wasser verliert sich nach einigen Stunden, und muss das Schmanden der Löcher beendet sein, ehe sich jenes verläuft, da sonst die kreibige Masse zu hartem Mörtel erstarrt.

Sind die Bohrlöcher gereinigt und trocken, so werden jene, welche abgesprengt werden sollen, bis auf 15 m vom oberen Rande mit trockenem feinen Sande gefüllt.

Nehmen wir nun an, dass die Arbeit auf der Seite von Kalamaki bis km 2.400 vorgeschritten wäre, so ist die erste Minenreihe bis + 7 m ober Nullwasser, die zweite bis + 22 m, die dritte bis + 37 m abgesprengt. (Fig. 5.)

Die erste Minenreihe wird sodann bis auf 8 m unter Null, die zweite bis + 7 m, die dritte bis + 22 m, die vierte bis + 37 m über Null durch Wasserspülung und besondere Apparate ausgeräumt.

Die Ladungen sind in wasserdichte Hüllen von mit Pasta überzogenen Pergamentpapier laborirt (Textfigur A).

Jede derselben besteht aus 12.1 kg Dynamit I *Fig. A.* neu, hat 85 mm im Durchmesser, ist 1.500 m lang, und enthält einen österreichischen Spaltzünder mit 0.6 Gramm starker Sprengkapsel.

Die Dynamit-Fabrik liefert nämlich 0.50 m lange Patronen, von denen ein Drittel eine Einsenkung für die Zündpatrone besitzt, und werden dieselben erst vor dem Laden in mit dem Zünder adjustirte Einheitspatronen verwandelt.

Zum Absprengen der Bohrlöcher werden in jedes drei solche Ladungen übereinander, die unterste am Boden, die zweite mit ihrer Mitte 4.75 m über der ersten und die dritte mit ihrem oberen Rande 2.5 m vom Bohrlochsmunde ab, eingesetzt. (Fig. 6.)

Sowohl der Raum zwischen den Ladungen, wie auch der obere Theil des Bohrloches wird mit trockenem Wellsande ausgefüllt.

Trockener Wellsand ist bekanntlich ein vorzügliches Verdämmungsmittel und gestattet derselbe, die drei Ladungen ohne Anwendung von Ladestöcken gut einzubetten.

Wird gesprengt, so werden die 5 Bohrlöcher der unteren Staffel, die 5 Bohrlöcher der zweiten Staffel, die mittleren 5 Bohrlöcher der dritten Staffel und die erste Reihe der auf der Einschnittssohle befindlichen 7 Bohrlöcher, je mit 3 in früher erwähnter Weise getrennten Ladungen, die Flügelbohrlöcher der dritten Staffel mit je einer Ladung versehen und verdämmt.

Es entfallen demnach auf die Staffel:

I. 5 Bohrlöcher à 3 Ladungen = 15 Minen

II. 5 " " 3 " = 15 "

III. $\left\{ \begin{array}{l} 5 \\ 2 \end{array} \right\}$ " " $\left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 1 \end{array} \right\}$ " = 17 "

IV. 7 " " 3 " = 21 "

daher zusammen = 68 Ladungen à 12.1 kg oder im Ganzen 822.8 kg Dynamit Nr. I.

Die Minen aller vier Reihen sind unter sich und mit einem Zündapparat durch elektrische Leitungen verbunden. 40 Kurbelumdrehungen genügen, um im elektrischen Zündapparate (österr. Systems) eine hinreichende Elektrizitäts-

menge zur gleichzeitigen Zündung der 68 Minen anzusammeln.

Da der untere Einschnitt 60 m tief, an der Sohle 22 m und am oberen Rande 34 m breit ist, ferner die Minen 3 m Vorgabe besitzen, so werden $60 \times \frac{1}{2} (22 + 34) \times 3 = 5040 m^3$ Gestein durch einmalige Sprengung gelöst. Dementsprechend entfallen pro Kubikmeter Stein circa 163 g Dynamit I, dann 0.0135 elektrische Zünder und 0.1 m Leitungsdraht.

Beim Laden der Minen sind pro Staffel beschäftigt: 1 Vormineur, 4 Arbeiter, also zusammen 4 Vormineure und 16 Arbeiter, die vom Chef der Mineure überwacht werden.

Die Zeit vom Beginn des Ladens bis zum Zünden kann mit $2\frac{1}{2}$ Stunden in Rechnung gezogen werden.

Probesprengungen haben gezeigt, dass 12.1 kg Dynamit I in einem 3.6 m tiefen Bohrloch mit 3 m Vorgabe einen Minentrichter von 3 m Halbmesser auswerfen; es wäre demnach richtig, die Minen in 6 m Entfernung von einander anzulegen, d. h. sowohl die Bohrlöcher einer Reihe 6 m, als auch die Ladungen eines Bohrloches 6 m von einander zu halten, da aber eine totale Zertrümmerung des Gesteins gewünscht wird, so konnte die Entfernung nur auf 5 m festgestellt werden.

Der abzusprengende mittlere Körper ist 2400 m lang, erhält somit 800 Bohrlochsreihen, d. h.:

4000 Bohrlöcher à 60.0 m von 240.000 m Länge

1600 " " 19.5 " " 31.200 " "

oder 5600 Bohrlöcher von 271.200 m Gesamtlänge.

Da jedes 60 m tiefe Bohrloch in 15 Stunden, d. h. in einem Tage gebohrt werden kann, und von den zwei Endpunkten mit je 6 Bohrmaschinen — die Maschinen auf dem Geleise I, beziehungsweise VII, bohren 800 Bohrlöcher à 19.5 m Tiefe — gearbeitet wird, so entfallen pro Bohrmaschine 400 Bohrlöcher, deren Herstellung bei Annahme von 25 Arbeitstagen pro Monat, 1 Jahr 4 Monate erfordert.

Die gesammte Felsmasse zwischen km 2.4 und km 4.8 beträgt $2400 \times 60 \times 28 = 4,032.000 m^3$ und sind hierzu 54.400 Minen à 12.1 kg oder zusammen 658.240 kg Dynamit, 54.400 elektrische Zünder und 403.200 m Leitungsdraht erforderlich.

Da die gelöste Felsmasse durch grosse Baggermaschinen entfernt werden soll, so hat die Sprengarbeit auch die für die Baggerung geeignete Zerkleinerung (im Stücke von $0.75 m^3$) des Gesteins zu bewirken, so zwar, dass nach jener höchstens in der Canalsohle Nachsprengungen nach Major Lauer's Manier stattfinden, dagegen ein zweimaliges Sprengen des schon gelösten Gesteins ausgeschlossen bleibt.

Das Kubikmaass des ganzen Canales beträgt, u. zw.:

a) der englische Einschnitt. 920.000
b) die Strecken von km 0.000 bis km 2.400 . . 1,650.000
c) " " " 4.800 " " 6.300 . . 790.000
d) der mittl. Körper " 2.400 " " 4.800 . . 4,032.000
oder zusammen . . 7,392.000

von denen 6,242.000 m^3 ober Nullwasser und 1,150.000 unter Nullwasser liegen.

Die beiden Canalstrecken von 0.000 bis 2.400 km, dann von 4.800 bis 6.300 km erfordern zusammen circa 4200 Bohrlöcher mit ungefähr 240.000 m Bohrung.



Der Dynamitverbrauch für den ganzen Canal kann angenommen werden:

a) für den englischen Einschnitt per Kubikmeter mit durchschnittlich 230 g =	kg	211.600
b) von 0-000 bis km 2-400 mit zus. 1,000.000 m ³ à 163 g =	"	163.000
c) von 4-800 bis 6-300 mit zus. 400.000 m ³ à 163 g.	"	65.200
d) den Mittelkörper wie vorher	"	658.240
e) Steinbrüche etc. circa	"	21.960
daher zusammen	kg	1,120.000

Die Bauzeit ist mit vier Jahren, vom Tage der Uebernahme des Baues durch die Unternehmung an gerechnet, angenommen und dürfte dieselbe namentlich, wenn die Baggermaschinen die zu erwartende Leistungsfähigkeit auch aufweisen, vollkommen hinreichend sein.

Um noch einige Daten über Accordpreise zu geben, füge ich bei, dass der lauf. Meter Schachtteufung 60 bis 70 Drachmen, der Meter Stollenvortrieb 35 bis 40 Drachmen inclusive Förderung und Verführung (50 m Distanz) zu stehen kamen.*)

Die Manier, tiefe Bohrlöcher mit getrennten Ladungen zu versehen, ist neu und hat vorzüglich dort vieles für sich, wo es sich um eine ausgiebige Zertrümmerung oder um Sprengungen in der Nähe von Gebäuden handelt.

Seitliche Abträge werden auf diese Weise vorthellhaft genommen und können bei richtiger Ladungs-Anordnung

und geeigneter Gesteinsschichtung verticale Wände erzielt werden.

Wäre in festerem Gestein zu bohren, so könnte die Verticalbohrmaschine mit Jarolimek's Differentialvorgelege versehen werden und müsste dann für das Herausnehmen der Kerne besonders Vorsorge getroffen werden.

Ehe ich meinen heutigen Vortrag schliesse, erlaube ich mir noch zu erwähnen, dass ich nicht in der Lage gewesen wäre, diese instructive Reise zu unternehmen und so wichtige Daten zu sammeln, wenn ich nicht von den Herren Kauser und Gerster, Herrn Eschenbacher, dann der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft, sowie von der Direction des österr.-ungar. Lloyd, namentlich auch vom Vereinspräsidium auf das Zuvorkommendste unterstützt worden wäre.

Das mir vom Vereinspräsidium mitgegebene offene Empfehlungsschreiben hat mir die ausgezeichnetsten Dienste geleistet namentlich in Athen, sowohl bei Besichtigung der Sehenswürdigkeiten der Stadt und Umgebung, wie auch beim Besuch der k. k. Gesandtschaft, die mir das liebenswürdigste Willkommen und jede mögliche Unterstützung angedeihen liess.

Ich fühle mich verpflichtet allen Jenen, die mich unterstützten und mir ein so freundliches Entgegenkommen zeigten, sowie Ihnen, meine Herren, für Ihre heutige Anwesenheit meinen verbindlichsten, wärmsten Dank auszudrücken.

Die Eisenbahnbrücke über den Moldafluss bei Budweis.

Von Carl Stöckl, Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 25 und 26.)

Die Kaiser Franz Josef-Bahn übersetzt bei Budweis zwischen km 216-5 und 216-7 der Strecke Wien-Eger den Moldafluss.

Die verhältnissmässig geringe Tiefe des Flussbettes und die flachen Ufer, sowie der Umstand, dass die Moldau bedeutende Hochwässer und Eismassen führt, machen es erklärlich, dass bei der seinerzeitigen Bestimmung der Lichtweite für die zu erbauende Eisenbahnbrücke dieselbe mit 50 Klafter festgesetzt wurde. Dieser Bestimmung entsprechend, wurde eine Holzbrücke mit 5 Oeffnungen von à 10 Klafter lichter Weite hergestellt. Diese Brücke hatte 2 gemauerte Widerlager und 4 pilotirte Holzjoche, und betrug die Gesamtentfernung zwischen den Widerlagern, in der Bahnrichtung gemessen, 98-66 m. Diese erste Holzbrücke wurde im Jahre 1868 vollendet und dem Betriebe übergeben, aber bereits wieder in den Jahren 1873 und 1874 vollständig erneuert, resp. in Holz umgebaut. Die zwei mittleren Holzjoche standen im Flussbette und hatten Eisbrecher.

Bei dem letztstattgefundenen bedeutenden Eisgange mit Hochwasser im Frühjahr 1876, bei welchem eine vollständige Ueberfluthung der Ufer und eine bedeutende Stauung längs des rechts gelegenen Bahndammes in einer Ausdehnung von circa 1 km eintrat, reichte die Wasserhöhe bei der Moldaüberbrücke bis zu den Unterzügen der Tragconstruction und bestand damals die Brücke eine ernste

Probe ihrer Widerstandsfähigkeit. Es zeigte sich aber schon, dass zur Abführung solch' bedeutender Hochwässer eine Erweiterung der Durchlass-Oeffnungen im Inundationsgebiete zur rechten Seite des Flusses nothwendig sei, während eine Vergrösserung der Durchflussöffnung bei der Moldaüberbrücke eine Entlastung des Inundationsgebietes wegen der Figuration des flussaufwärts gelegenen Terrains nur im geringsten Maasse herbeiführen würde. Eine entsprechende Vergrösserung der Lichtweiten der Inundationsobjecte wurde im Jahre 1877 vorgenommen.

Im Jahre 1879 ging man endlich daran, die hölzerne Moldaüberbrücke gegen eine Eisenconstruction auszuwechseln. Bei der diesbezüglichen Projectsverfassung musste man sich vor Augen halten, dass eine möglichste Freihaltung des eigentlichen Flussbettes anzustreben sei, da ja gerade bei dem Bestande der Holzbrücke die 2 Holzjoche im Flussbette, in der unmittelbaren Nähe des Stromstriches, nicht nur der Schiff- und Flossfahrt, sondern auch der raschen Abführung der Eismassen und der Hochwässer ein gefährliches Hemmniss entgegensezten.

Mit Rücksicht auf die geringere Tiefe und Wassergeschwindigkeit längs der beiden Landwiderlager war von vorneherein anzunehmen, dass ein Entfernen sämtlicher Holzjoche auch bei einem Zusammenrücken der Landwiderlager die Abflussverhältnisse des Moldaflusses wesentlich verbessern würde. Ein in diesem Sinne verfasstes Project fand nach einigen Modificationen von Seite der h. Regierung

*) 10 Fros. Silber = 11-25 Drachmen Papier.

die Genehmigung. Nach diesem Projecte beträgt die Entfernung der neuen Landwiderlager, in der Bahnrichtung gemessen, 79·00 m, und hat die Brücke nur eine Oeffnung. Da die Richtung des Flusses zur Bahnachse schief ist, so wurden die Widerlager dementsprechend schief angelegt. Der Vergleich des ursprünglichen Hochwasserprofils bei Bestand der Holzbrücke mit 276·04 m² Querschnittsfläche und des neuen Hochwasserprofils bei gänzlicher Freihaltung des Flussbettes mit 272 m² Querschnittsfläche ergibt eine kaum nennenswerthe Restringirung des alten Profils um 4·00 m².

Im Nachstehenden folgt eine Beschreibung der eisernen Tragconstruction und sollen zum Schlusse einige Mittheilungen über die Montirungs- und Auswechslungsarbeiten gebracht werden, die bei dem Umstande als der Zugsverkehr unbehindert bleiben musste und bei der Grösse der Arbeiten die vollste Aufmerksamkeit der Bauleitung erforderten.

Die Eisenbrücke.

Wahl der Construction. Obwohl die Widerlager, der Flussrichtung entsprechend, schief angelegt wurden, so war es doch bei der Grösse des Objectes erwünscht, einen günstigen Abschluss an den Endständern zu erzielen, und wurde daher die Construction senkrecht abgeschlossen.

Die Brücke liegt in der Geraden und horizontal, hat 2 Tragwände mit einer Stützweite von 82·4 m, welche als Halbparabelträger mit doppeltem Fachwerk ausgeführt sind. Jede Tragwand hat 20 Felder mit 4·12 m Knotenweite. Die Höhe der Tragwände ist am Eckständer, um noch eine obere Querverbindung erzielen zu können, 6 m, in der Mitte 10 m.

Berechnung der Hauptträger. Belastung. Das Eigengewicht der tragenden Construction summirt sich folgendermaassen:

Obergurte	68525	kg
Untergurte	49998	"
Gitterwerk	64144	"
Endständer	8435	"
Querträger	15260	"
Längsträger	25420	"
Obere Endquerverbindungen	1550	"
Mittlere obere Querverbindungen	7185	"
Fürtrag	240517	kg

Uebertrag . 240517 kg

Obere Windstreben	4545	"
Untere Windstreben	4230	"
Geländer	1120	"
Nieten	9820	"
Schrauben	459	"
Zusammen	260691	kg

d. i. per laufenden Meter = 3163 kg.

Davon entfallen auf die Untergurte mit Hinzurechnung von 40000 kg Oberbau zusammen 172390 kg, d. i. per laufenden Meter und per Träger = 1·046 t und per unteren Knotenpunkt = 4·309 t.

Auf die Obergurte entfallen zusammen 116707 kg, d. i. per laufenden Meter und per Träger = 0·708 t und per oberen Knotenpunkt 2·918 t.

Auf eine Verticale entfällt demnach 7·227 t.

Die zufällige Last wurde entsprechend der Verordnung des k. k. Handelsministeriums vom 30. August 1870 mit 4·000 t per Meter und Geleise angenommen, da bei Annahme eines Belastungszuges, bestehend aus 2 Brust an Brust stehenden Achtkupplern und angehängten Lastwägen, eine etwas geringere äquivalente, gleichmässig vertheilte Last resultirt.

Die Gurtungen. Für die Berechnung denke man sich das doppelte Fachwerkssystem in zwei einfache Systeme zerlegt und auf jedes die volle Belastung wirkend.

Es entfallen daher auf jeden Knotenpunkt, respective Verticale:

Vom Eigengewicht	14·4546	t
Von der Verkehrslast	16·4800	"
Zusammen	30·9346	t

Hienach rechnen sich die Gurtungskräfte in bekannter Weise aus den Formeln:

$$\text{Obergurte } O_n = -\frac{1}{2} \left(\frac{M_n}{h_n} + \frac{M_{n+1}}{h_{n+1}} \right) \sec \varphi$$

$$\text{Untergurte } U_n = \frac{1}{2} \left(\frac{M_{n-1}}{h_{n-1}} + \frac{M_n}{h_n} \right)$$

wobei $\tan \varphi = \frac{h_n - h_{n-1}}{4 \cdot 12}$ ist.

Die Spannungen und gewählten Querschnitte der Gurte sind aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich:

Tabelle I. Obergurt.

O _n	Spannung	2 Stehbleche 350×15	4 Gurtwinkel 90×90 15	Kopfbleche 680 mm breit				Gesamt- Nutz-Querschnitt	Vorhandene Inanspruchnahme
				12 ^{mm} stark		9 ^{mm} stark			
	Tons	Nutzbarer Querschnitt	Stück	Nutzbarer Querschnitt	Stück	Nutzbarer Querschnitt			
				Quadrat-Ctm.		Quadrat-Centimeter	Kg. pr. Quadrat-Ctm.		
1	123·834	81·6	83·4	—	—	1	51·84	216·84	583
2	182·650	81·6	83·4	—	—	2	103·68	268·68	680
3	224·598	81·6	83·4	—	—	3	155·52	320·52	702
4	255·677	81·6	83·4	1	70·08	3	155·52	390·60	655
5	278·896	81·6	83·4	1	70·08	3	155·52	390·60	714
6	296·200	81·6	83·4	2	140·16	3	155·52	460·68	644
7	308·896	81·6	83·4	2	140·16	3	155·52	460·68	669
8	315·699	81·6	83·4	2	140·16	3	155·52	460·68	685
9	319·270	81·6	83·4	2	140·16	3	155·52	460·68	693
10	319·270	81·6	83·4	2	140·16	3	155·52	460·68	693

Die Stehbleche sind an den unteren Enden durch 90/10 starke Flacheisen verstärkt

Die Stehbleche sind an den unteren Enden durch $\frac{90}{12}$ starke Flacheisen verstärkt.

Tabelle II. Untergurt.

U _n	Spannung	2 Stehbleche 400×15	4 Gurtwinkel 90×90 15.	Kopfbleche 260 ^{mm} breit				Gesamt- Nutz-Querschnitt	Vorhandene Inanspruchnahme
				12 ^{mm} stark		9 ^{mm} stark			
	Tons	Nutzbarer Querschnitt	Stück	Nutzbarer Querschnitt	Stück	Nutzbarer Querschnitt			
				Quadrat-Ctm.		Quadrat-Centimeter	Kg. pr. Quadrat-Ctm.		
1 und 2	bez. 47·135	88·80	41·70 (2 Winkel)	—	—	—	—	130·50	360
3	124·223	88·80	83·40	—	—	—	—	172·20	720
4	180·128	96·60	83·40	1	49·92	—	—	229·92	783
5	222·154	96·60	83·40	2	99·84	—	—	279·84	794
6	253·648	96·60	83·40	3	149·76	—	—	329·76	770
7	277·509	96·60	83·40	3	149·76	1	37·44	367·20	755
8	295·020	96·60	83·40	3	149·76	2	74·88	404·64	730
9	307·474	96·60	83·40	3	149·76	2	74·88	404·64	759
10	315·384	96·60	83·40	3	149·76	2	74·88	404·64	780

Die Anordnung der Stehbleche, Winkeleisen und Lamellenstösse, sowie die Art der Deckung derselben, ist im Materialvertheilungsplane Tafel 25 ersichtlich, und geht daraus hervor, dass die Deckung der Stösse

1. in den Stehblechen durch doppelte Laschen, die zugleich als Futter dienen,

2. in den Winkeleisen der Obergurte durch verticale Laschen und horizontale äussere Deckbleche, in den Winkeleisen der Untergurte durch Winkellaschen und horizontale Deckbleche,

3. in den Lamellen durch äussere und innere Deckbleche erfolgt.

Die Anordnung der Winkeleisenstösse ist im Untergurte derart, dass immer die äusseren und inneren Gurtwinkel zugleich, während im Obergurte die äusseren und inneren Gurtwinkel abwechselnd gestossen werden. Die Niettheilung erfolgt in jedem Theile des Obergurtes von der Mitte aus mit der Nietdistanz von 110 mm. In jedem Knotenpunkte beträgt indess die Nietdistanz von je 9 Theilungen beiderseits nur 90 mm, woran sich eine Theilung mit variabler Nietdistanz schliesst.

Tabelle III.
Diagonale.

Diagonale							
Diagonale	Strebenkräfte durch		1-fache Verkehrslast	Min. Max. = φ	Zulässige Inanspruch- nahme $J = 750 \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$	Erforderlicher Querschnitt F	Vorhandener Nutz-Quer- schnitt
	Eigengewicht	Verkehrslast					
S ₁	38.500	48.500	53.350	$\frac{38.500}{91.850} = 0.421$	$\frac{kg}{907}$	101.5	107.4
S ₂	45.000	58.000	63.803	$\frac{45.000}{108.800} = 0.413$	904	120.5	122.4
S ₃	34.500	45.500	50.050	$\frac{34.500}{84.550} = 0.407$	903	93.7	95.4
S ₄	27.000	38.000	41.800	$\frac{27.000}{68.800} = 0.395$	898	76.5	77.4
S ₅	20.750	32.500	35.750	$\frac{20.750}{56.500} = 0.366$	887	63.8	63.9
S ₆	16.500	23.750	31.625	$\frac{16.500}{48.125} = 0.342$	878	55.0	55.1
S ₇	12.500	26.000	28.600	$\frac{12.500}{41.100} = 0.304$	864	47.6	46.8
S ₈	8.750	23.500	25.850	$\frac{8.750}{34.600} = 0.253$	845	41.0	42.1
S ₉	5.500	21.500	23.650	$\frac{5.500}{29.150} = 0.189$	820	35.6	36.5
S ₁₀	2.500	20.000	22.000	$\frac{2.500}{24.500} = 0.102$	790	31.0	31.4
S ₁₁	0	18.500	20.350	0	750	27.1	28.8
S ₁₂	— 2.750	17.000	18.700	$\frac{-2.750}{15.950} = -0.172$	686	23.3	24.0
S ₁₃	— 5.750	15.500	17.050	$\frac{-5.750}{11.300} = -0.510$	559	20.2	20.8
S ₁₄	— 9.250	13.750	15.125	$\frac{-9.250}{9.250} = -0.645$	509	11.6	16.0

Die Maasse der einzelnen Diagonalen sind im Materialvertheilungsplane ersichtlich.

Tabelle IV.

Verticale.

Verticale	Strebenkräfte durch			$\frac{\text{Min.}}{\text{Max.}} = \varphi$	Zulässige Inanspruchnahme $J = 750 \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$ ohne Knickung	Vorhandener Querschnitt brutto	Freie Länge l	Trägheits-Moment t	Zulässige Inanspr. für Knickung $J' = \frac{F l^2}{t}$ $J: \left(1 + 0.0001 \frac{F l^2}{t}\right)$	Vorhandene Inanspruchnahme
	Eigenlast	Verkehrslast	1.1fache Verkehrslast							
	Kilogramm									
V_1	27.500	33.500	36.850	$\frac{27.500}{64.350} = 0.427$	910	141.00	507	7535	615	457
V_2	21.500	27.500	30.250	$\frac{21.500}{51.750} = 0.415$	905	115.36	—	—	—	450
V_3	17.000	23.500	25.850	$\frac{17.000}{42.850} = 0.396$	898	115.36	603	4660	472	370
V_4	13.000	20.500	22.550	$\frac{13.000}{35.550} = 0.366$	887	84.00	642	3315	435	423
V_5	10.000	18.250	20.075	$\frac{10.000}{30.075} = 0.332$	874	76.00	—	—	—	396
V_6	7.000	16.500	18.150	$\frac{7.000}{25.150} = 0.278$	854	76.00	—	—	—	330
V_7	4.500	15.000	16.500	$\frac{4.500}{21.000} = 0.214$	830	76.00	—	—	—	276
V_8	2.250	13.500	14.850	$\frac{2.250}{17.100} = 0.131$	799	76.00	—	—	—	225
V_9	0	+ 12.000 — 3.500	13.200 — 3.850	— $\frac{3.850}{13.200} = -0.292$	640	76.00	747	2634	246	174
V_{10}	— 2.500	11.000 — 5.500	12.100 — 6.050	— $\frac{8.800}{9.600} = -0.916$	407	76.00	750	2634	155	127

Im Untergurte sind im horizontalen Winkelschenkel an den Knotenpunkten je 3 Niettheilungen, beiderseits mit 100 mm Distanz, und 32 Niettheilungen à 110 mm zwischen denselben.

Das Gitterwerk. Für die Berechnung der durch das Eigengewicht in den Diagonalen hervorgerufenen Verticalkräfte ergeben sich die Formeln:

Für das (die Knotenpunkte 1, 3, 5 etc. enthaltende) I. System:

$$Y_g = 5.96 \frac{Q_{gn}}{h_n}$$

für das (die Knotenpunkte 2, 4, 6 enthaltende) II. System:

$$Y_g = 6.00 \frac{Q_{gn}}{h_n}$$

Die Transversalkräfte in Folge der Verkehrslast ergeben sich durch graphische Bestimmung, wobei ein Lastzug aus zwei Achtkupplern von je 52 t Dienstgewicht und angehängten Lastwagen zu Grunde gelegt und die Anordnung für die Belastung so getroffen wurde, dass das erste Rad der ersten Locomotive in der Mitte des der Diagonale entsprechenden Feldes zu stehen kommt.

Die erhaltenen Resultate entsprechen einer ruhigen Belastung; die beim Zugverkehre jedoch auftretenden Stöße und die dadurch vergrößerten Wirkungen wurden nun insofern berücksichtigt, dass die Resultate für die Verkehrslast mit dem Coëfficienten 1.1 multiplicirt wurden. Die Bestimmung der zulässigen Inanspruchnahme erfolgte nach der Launhardt-Weyrauch'schen Formel.

Die erhaltenen Resultate zeigen vorstehende Tabellen III und IV.

Der Druck im Endständer beträgt 160.85 t, daher bei dem ausgeführten Querschnitte von 304.2 cm^2 die vorhandene Inanspruchnahme 530 kg per cm^2 .

Die Lager der Eisenbrücke sind am Wiener Widerlager bewegliche, am Egerer Widerlager fixe. Das bewegliche Lager hat 7 Stelzen von à 28 cm Höhe, die Balanciers sind an beiden Lagern aus Stahl. Das Gewicht dieser beiden Lager beträgt an Stahl 4.110 t, an Gusseisen (Stelzen, fixer Lagerkörper, Unterlagsplatten am beweglichen Auflager) 7.390 t; an Schmiedeisen, (Stelzenrahmen, Schrauben, Bolzen) 0.30 t, daher in Summa 11.80 t.

Die Herstellung der neuen Widerlager.

Vor Inangriffnahme der Bauarbeiten wurde zur Sondierung des vorhandenen Baugrundes auf jeder Seite des Flusses im unmittelbaren Anschlusse an die auszuhebende Baugrube ein Schacht von je 2 m im Gevierte abgeteuft.

Ausser dem Zwecke der Erkennung der Bodenbeschaffenheit war auch der Vorthell maassgebend, den bei voraussichtlich starkem Wasserandrang ein Schacht für die Ansammlung und Entfernung der Bodenwässer mit sich brachte. Bei dem Schachte auf der Wiener (Budweiser) Seite wurde bis zu einer Tiefe von 4 m gegangen und zeigte sich unterhalb der ca. 1.5 m starken oberen Humusschichte eine Lehmschichte bis zur Stärke von 1.4 m und nach dieser feiner Schotter und Sand. Dieser ungemein resche Quarzsand wurde später bei Aushub der Baugrube

als vorzügliches Baumaterial verwendet. Auf der Pilsener (Egerer) Seite zeigte sich unterhalb der Humusschichte von ca. 1 m Stärke bis zu einer Tiefe von ca. 3 m immer noch Schlamm und unbrauchbarer Boden und erklärt sich dies aus der unmittelbaren Nähe der Fischeiche, durch welche die Bahnlinie hindurchführt.

Am 28. Juli 1879 wurde mit dem Aushub für das Budweiser Widerlager begonnen. Der Aushub wurde innerhalb 8 Tage bis zu einer Tiefe von 8.3 m unter der Bahn-nivellette fortgesetzt. Die aus feinem Schotter und Sand bestehende Bodenschichte erforderte in Folge des grossen Wanddruckes eine starke und enge Böschung der Baugrube und verursachte dadurch eine Erschwerniss der späteren Arbeiten bei der Rostlegung und den Maurerarbeiten. Bei 8.3 m unter der Bahn-nivellette begann fester trockener Lehm und die Sondirungen bis über 1 m Tiefe ergaben kein anderes Resultat. Auf die nun abgegliche Sohle wurde ein liegender Rost gelegt und auf seine ganze Höhe mit Béton ausgefüllt. Bei diesem Widerlager zeigte sich wenig Grundwasser und ging dessen Entfernung mittelst Handgöpel leicht von statten.

Am 28. August wurde bei dem Egerer Widerlager mit dem Fundamentaushub begonnen. Die unmittelbare Nähe des alten Widerlagers der Holzbrücke und die Kenntniss, dass dasselbe auf Piloten fundirt sei, bestimmte die Bauleitung die Einleitungen so zu treffen, dass für die voraus-sichtliche Pilotirung für das neue Widerlager ein freier Arbeitsraum geschaffen werden konnte.

Demgemäss wurden die drei Seiten der Baugrube, die vierte bildete das alte Widerlager, durch Spundwände gesichert, deren Leitpfähle aus Piloten gebildet wurden. Der Aushub des Bodens wurde bis zur Tiefe des alten Widerlagerrostes vorgenommen und sodann nach Abgleichung der Sohle mit der Pilotirung begonnen. Die Höhe von der Bahn-nivellette bis zur Sohle betrug 7.00 m, die eingetriebenen Piloten waren 4 m lang und krochen bei den letzten Hitzten à 30 Schlägen mit einem 580 kg schweren Hoyer bei einer Hubhöhe von 1.5—2 m nur 2—3 cm.

Nach Legen des Rostes wurde die Bétonsohle wie beim Wiener Widerlager gebildet. Am 3. September wurde mit der Mauerung im Fundamente begonnen. Der Wasser-zufluss war in Folge der Nähe der Teiche ein bedeutender und wurde das Wasser mittelst Locomobile aus dem Schachte gezogen. Der Raum zwischen dem alten und neuen Widerlager wurde mit Bruchsteinen ausgemauert. Die Fundamente sowohl als die Reinmauern der beiden neuen Widerlager wurden aus grossen Granitbruchsteinen in Cementmörtel gemauert und erhielten einen Quaderkranz aus Granitsteinen.

Die Auswechslungs- und Montirungsarbeiten.

Da das neue Wiener Widerlager 14 m vom alten Widerlager entfernt angelegt wurde, so musste der Bahndamm bis dahin fortgesetzt, resp. neu hergestellt werden. Zu diesem Zwecke wurde das erste Feld der Holzbrücke durch einfache auf Grundschnellen aufgesetzte Zwischenjoche unterstützt und theilweise demontirt, d. h. es wurden die Tragwände und die zwei äussern Tragröste entfernt. Die Anschüttung des Bahndammes ging dann mittelst Material-zuges einfach von statten und wurden die Böschungen

beiderseits gepflastert und mit dem niedern Inundations-damme beiderseits verbunden. Nach Erreichung der nöthigen Höhe des Dammes wurden die Tragröste über dem neuen Widerlager abgeschnitten, auf demselben gestützt und der im Damme liegende Theil der Röste während einer Betriebs-pause von ca. 3 Stunden herausgenommen, das vorbereitete Schottermaterial eingebracht und die Querschnellen und Schienen gelegt.

Das letzte Brückenfeld auf der Egerer Seite wurde ebenfalls durch Zwischenjoche unterstützt und theilweise demontirt. Der Anschluss des Dammes erfolgte in ähnlicher Weise wie beim Wiener Widerlager.

Das Programm für die Auswechslung der Holzbrücke bestimmte, dass die neue Eisenbrücke flussabwärts neben der Holzbrücke auf einem Montirungsgerüste vollständig fertig montirt und sodann nach Abtragung der alten Holzbrücke seitlich senkrecht auf die Bahnrichtung eingeschoben werden sollte. Das Montirungsgerüste hatte also zugleich als Verschiebegerüste zu dienen und mussten demnach die End- oder Verschiebjoche bei der Grösse und Schwere der Construction mit hinreichender Sicherheit gebaut werden. Zu diesem Zwecke wurden für jedes Endjoch 36 Stück Piloten mit mehr als 40 cm Durchmesser bis zum Stillstand eingerammt. Jedes Joch hatte vier Reihen à 9 Piloten.

Der mittlere Theil des Montirungsgerüsts musste nach Anordnung der politischen Behörde, behufs Freihaltung des Flusses für die Flossfahrt, correspondirend der Holzbrücke zwei Oeffnungen à ca. 20 m Lichtweite erhalten. Der übrige Theil des Gerüsts hatte kleine Oeffnungen mit 6—7 m Lichtweite. Die Joche wurden sämmtlich pilotirt. Die Breite des Gerüstplanums betrug 9 m und lag ein Geleise mit 8 m Spurweite für den Montirungskrahn. Die Entfernung vom Brückenmittel bis Gerüstmittel betrug 8.4 m. Die kleinen Oeffnungen des Gerüsts wurden durch einfache Balken von 32 cm Stärke überlegt, eine der beiden grossen Oeffnungen in der Gerüstmitte durch eine Hängewerks-Construction, welche die Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft zur Verfügung stellte, und die zweite durch sechs Röste. Die erwähnte Hängewerks-Construction, die schon beim Baue der Savebrücke bei Brod als Montirungsgerüste diente, hatte zwei eiserne gerade Untergurte, deren einzelne Theile 5 m lang waren, und polygonale, aus Holzbalken gefertigte Obergurte, die durch starke Hängeschrauben mit dem Untergurte verbunden waren. Die Construction hatte vier Felder und lagen an jedem Knotenpunkte der Untergurte Querröste und über diesen Langhölzer. Das ganze Montirungsgerüste mit Ausnahme der Hängewerks-Construction hatte 21/21 cm starke Querschnellen und auf diesen die Bedielung. Der Abstand des Montirungsplateaus von der Unterkante der Eisenconstruction betrug 60 cm.

Am 20. October wurde mit der Montirung der Untergurten begonnen.

Der Fortgang der Arbeiten war in Folge der verzögerten Fertigstellung resp. Anarbeitung der Construction in der Adalberthütte in Kladno im Anfange öfters unterbrochen und konnte erst nach Einlangen sämmtlicher Eisen-theile am Bauplatze in energischer Weise betrieben werden. Sechzehn Nietpartien arbeiteten während des ganzen Tages

mit nur kurzer Unterbrechung. Die einzelnen Profilgespärre, bestehend aus dem Querträger, den beiden Verticalen und den oberen Querverbindungen wurden an den entsprechenden Knotenpunkten liegend zusammengesetzt, verdornt, und sodann mittelst des 12 m hohen Montirungskrahnes aufgezogen, eingefügt und mit den Untergurten verdornt und verschraubt. Auf diese Weise waren innerhalb 8 Tagen sämtliche 21 Profile aufgestellt und konnte mit der Zusammensetzung der Obergurte begonnen werden. Das obere Montirungsgerüste wurde in der Weise hergestellt, dass durch die obern Enden der Verticalen Langhölzer geschoben und befestigt, auf diese sodann die Querhölzer mit Bedielung gelegt wurden; ein vollkommen ausreichendes Gerüste, das in Verbindung mit dem Montirungskrahne die Montirung des oberen Theiles der Brücke leicht und sicher bewerkstelligen liess.

Die Brücke war gleich am Beginne der Montirung in der richtigen erforderlichen Verschiebhöhe (um 25 mm höher als die definitive Lagerung es verlangte) auf den Verschiebwagen gelagert worden und hatte unter jeder zweiten Verticale ausserdem Mittelstützen. Da die Verschiebwagen nicht direct unter dem Endständer standen, so war zur Vermeidung einer Ausbiegung derselben nothwendig, nach Entfernung der Mittelstützen den Auflagerdruck durch hölzerne, starke Gegenstreben, vom Stützpunkte zum ersten oberen Knotenpunkte gehend, aufzunehmen. Die Montirungsarbeiten dauerten bis 28. November und erforderte also die 83 m lange Brücke mit einem Eisengewichte von über 260 t eine Montirungszeit von etwas über 35 Tagen, was bei der vorgeschrittenen Jahreszeit aller Anerkennung werth ist.

Nach Vollendung der Montirungsarbeiten wurde der Oberbau auf der neuen Brücke gelegt, so dass die Arbeiten nach erfolgter Einschiebung sich nur auf das Festnageln der Schienen und das Einbinden des currenten Schienenstranges zu beschränken hatten.

Bis zum 24. November war mit Ausnahme der beiden Endfelder an der Holzbrücke nichts geändert worden, es waren die drei mittlern Brückenfelder noch intact. Nunmehr mussten die Anordnungen so getroffen werden, dass am Tage der Einschiebung der Eisenbrücke das Abtragen der alten Holzbrücke möglichst wenig Zeit beanspruche und dass aber anderseits bis dahin der Zugverkehr vollständig unbeanstandet blieb. Da bei Abtragen einer hölzernen Hängewerksbrücke das Herausziehen der langen und schweren Hängeschrauben die meiste Zeit beansprucht, so konnte bei Vorhandensein von noch drei intacten Brückenfeldern eine minimale Zeit für das Abtragen der Holzconstruction nur erzielt werden, wenn die Tragwände schon früher entfernt werden konnten. Zu diesem Zwecke wurden sämtliche drei Brückenfelder durch Zwischenjoche unterstützt und fand sonach eine vollständige Verbauung des Flussprofils statt. Damit hatte es nun keinen Anstand, denn die Moldau war bei einer herrschenden Kälte von 15° R. ohnedies fest zugefroren.

Die Tragwände wurden nun sämtlich abgetragen und die linken Endröste seitlich auf ein eigens eingerammtes Hilfsgerüste hinausgeschoben. Es blieb demnach für die

eigentliche Demontirungs-Arbeit am Tage der Auswechslung nur das Abtragen der Schienen, der Querschwellen und der noch restirenden fünf Rüste übrig, nachdem noch am Vortage die Schrauben sämtlich gelockert und geölt, die Sicherheitslanghölzer abgetragen und die Bedielungsposten zum grössten Theile entfernt worden waren.

Die Verschiebwagen, von der Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft beigestellt, waren in derselben Art gebaut, wie die seinerzeit bei Einschiebung der Donaubrücke der österr. Nordwestbahn in Anwendung gebrachten. Die gusseisernen Wagen bestehen aus drei Theilen, die durch je zwei Schrauben beiderseits zusammengehalten werden. Die Trennungsflächen befinden sich über den Radmitteln. Durch Lösung der Schrauben ist die Zerlegung mit einiger Nachhilfe leicht möglich und entfällt dadurch die bei dem grossen Gewichte einer solchen Brücke nicht leicht mögliche Manipulation des Hebens der Eisenconstruction.

Die Brücke wurde am 1. December von allen Mittelstützen befreit und lagerte nunmehr nur auf den vier Stützpunkten. Der Druck, den die Construction auf jeden dieser Stützpunkte ausübte, betrug 75.2 t oder per Brückenende entfiel eine Last von 150.4 t.

Bei der Fortbewegung mittelst Rollen musste der Reibungswiderstand im Zapfen und an der Rolle überwunden werden.

Nach der Formel von Weissbach beträgt die Zapfenreibung $Z = f \cdot \frac{r'}{r} \cdot G$ und die rollende Reibung $R =$

$f' \cdot \frac{G}{r}$; dabei ist r' der Radius des Zapfens = 6 cm, r der

Radius der Rolle = 10 cm, ausserdem beträgt der Reibungscoefficient f für Gusseisen auf Gusseisen und Zapfenreibung = 0.08, der Coefficient f' ein durch Versuche ermitteltes Längenmaass = 0.79 mm. Die Gesamtwiderstände betrugen demnach theoretisch: $W = Z + R = 7219 + 1188 = 8407$ kg, für jedes Ende der Brücke. Um diesen Widerstand zu überwinden, wurde an beiden Brückenenden je eine grosse amerikanische Winde mit Kurbelbewegung in Action gebracht. Jede dieser Winden, die direct gegen den Wagen drückten, hatte eine Hebe- resp. Druckkraft von ca. 10.000 kg, war also vollständig geeignet, die Bewegung zu bewirken. Die Winden stemmten sich gegen einen Verbindungsbolzen des Schienenpaares in der Weise, dass ein J-förmiger Eisenstab zwischen den Schienen mit dem einen Haken sich hängte, während der andere nach aufwärts gerichtete Haken als Stützpunkt für die Winde diente. *)

Am 1. December wurde die Brücke gewissermaassen probeweise ca. 1 m weit vorgeschoben. Längs des Schienenstranges wurden lange Latten mit Centimeter-Theilung befestigt, um ein gleichmässiges Verschieben an beiden Enden erzielen zu können. Die Verständigung erfolgte mittelst gross bezifferter Signaltafeln, die den jeweiligen Fortschritt von 10 zu 10 cm correspondirend anzeigten.

Am Morgen des 2. December, als der Wiener Personenzug um 4 Uhr 35 Minuten die Baustelle passirt hatte,

*) An beiden Enden der Brücke waren ausserdem je ein Krahn thätig, der gegen eine eingerammte Pilote sich stemmend, mittelst eines starken Taues an der Brücke zog.

erfolgte die Abtragung des restlichen Theiles der Holzbrücke. Nachdem die Oberbauarbeiter das Geleise successive entfernt hatten, begannen die Zimmerleute nachfolgend das Abtragen der Bedielung, der Querschwellen und das Heraus-schlagen der noch restlichen, bereits gelockerten Schrauben. Diese Arbeiten gingen ungemein rasch von statten und wurden die abgetragenen Theile auf Bahnwagen gesammelt und deponirt. Nach Verlauf einer Stunde blieben nur die Tragröste übrig. Die drei Mittelfelder hatten noch je fünf Röste à 20 m Länge, die beiden Endfelder je fünf verkürzte Röste. Die aus 35 Mann bestehende Arbeiterpartie begann nun damit, dass sie die Röste successive umlegte und auf den Jochkapphölzern auf das links der Brücke befindliche Hilfsgerüste hinausschob.

Diese Arbeit wurde in 1 Stunde 30 Minuten bewältigt, so dass um 7 Uhr 45 Minuten die Bahn für die Eisenbrücke freilag; vom Montirungsgerüste war schon am Vortage die Hängewerks-Construction abgetragen worden.

Die Einschiebung begann nun auf die bereits beschriebene Weise und arbeiteten an den Hebelarmen jeder Winde 4 Mann. Die Eisenconstruction bewegte sich stetig vorwärts und traten nur Pausen ein, wenn die J-förmigen Stangen um einen Stemmboizen weiter vorwärts eingehängt und die Winden zurückgedreht wurden. Die Eisenconstruction, die noch einen Weg von 7.4 m zu machen hatte, langte um 12 Uhr über den definitiven Auflagern an und hatte somit in der Stunde ein durchschnittlicher Fortschritt von ca. 1.7 m stattgefunden, wobei jedoch zu bemerken ist, dass, als die Verschubwagen bereits auf den festen Widerlagern rollten, ein rascherer Verlauf erfolgte als früher auf den hölzernen, obwohl starken aber doch immerhin nachgiebigen Unterlagen. Es erwiesen sich ferner als Fahrbahn für die Verschubwagen die Eisenbahnschienen für so schwere Lasten zu schwach, denn es fanden theilweise Deformationen des Schienenkopfes statt und verzögerten auf diese Weise ein rascheres Rollen der Wagen. Es veranlasste dies auch die Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft bei ihren spätern Einschiebungen schwerer Brücken, wie eine solche für die Wottawabrücke bei Katowitz auf der Kaiser Franz Josef-Bahn stattfand, die Schienenpaare durch Walzträgerpaare mit genieteten Zwischenverbindungen zu ersetzen.

Nach Anlangen der Construction erübrigte noch das Entfernen der Verschubwagen und das Senken auf die Lager. Die Art der Senkung ist aus der Zeichnung (Bl. 25) ersichtlich und wird bemerkt, dass hiebei die bei der Einschiebung der Nordwestbahn-Donaubrücke als vortrefflich sich erwiesene Keilvorrichtung in Anwendung kam. Bei dem fixen Auflager auf der Egerer Seite wurden gusseiserne Füllstücke an den untern Lagerstock befestigt, um die für die Keilvorrichtung nöthigen Gleitflächen zu erhalten. Nach Entfernen der Verschubwagen wurde die Senkung durch Lüften der äussern starken Schraubenmutter und das hiedurch ermöglichte Auseinandergehen der Keilstücke erzielt. Schraubenspindel und Mutter waren selbstverständlich aus Stahl. Die Senkung auf die Widerlager, die erst beim Wiener und sodann am Egerer Widerlager vorgenommen wurde, dauerte bis 2 Uhr. Die correcte Einbindung und das Richten des Bahngeleises erfolgte inner-

halb einer Stunde, so dass die Gesamtmanipulation, d. i. Abtragen der alten Holzbrücke, Einschieben und Lagern der neuen Eisenbrücke, Einbinden des Geleises den Zeitraum von ca. 10 Stunden erforderte. *)

Der Zugverkehr litt keine nennenswerthe Störung, indem nur die Passagiere eines um 11 Uhr 45 Minuten Vormittags verkehrenden gemischten Zuges umsteigen mussten, während die Waggonen der um 1 Uhr 46 Minuten und 2 Uhr verkehrenden Schnellzüge mittelst Menschenkraft über die bereits auf Keilen ruhende und später schon gesenkte Eisenbrücke geschoben und von jenseits stehenden Reservemaschinen weiter befördert werden konnten.

Die mit sechs ausgerüsteten Lastzugmaschinen, die eine gleichmässig vertheilte äquivalente Probelast von 3830 kg pro laufenden Meter repräsentirten, vorgenommene Belastungsprobe, ergab eine totale Einsenkung in der Brückenmitte von 39 mm, die nach der Entlastung bis auf 6 mm zurückging. Die an den Auflagern gemessenen permanenten Einsenkungen von je 2 mm reduciren diese 6 mm auf 4 mm und betrug daher die elastische Einsenkung 35 mm, d. i. $\frac{1}{2380}$ der Stützweite.

Die Baukosten der ganzen Brückenanlage beliefen sich auf 74.000 fl., und zwar betrugen:

Die Kosten der beiden neuen Widerlager	12.000 fl.
Die Kosten der Eisenconstruction, d. i. für Material, Montirung, mit den Einheitspreisen von 18.75 fl. für Schmiedeeisen und Stahl, und von 14.80 fl. für Gusseisen	50.835 "
Die Kosten für den Oberbau der Construction mit Ausnahme der Schienen und des Kleiseisenzeuges	2.215 "
Die Kosten des Montirungsgerüsts nach Abzug des Rückgewinnes	6.500 "
Die Kosten der Hilfsgerüste für die Auswechslungsarbeiter	620 "
Die Kosten der Nebenarbeiten, d. s. Herstellung der Dammanschlüsse, der Anschlüsse der Inundations-Dämme, der Pflasterung der Dammfüsse und der Uferböschungen unterhalb der Brücke, Abtragen der alten Holzbrücke, des Montirungsgerüsts, Transport der rückgewonnenen Materialien etc.	5.200 "
	<hr/> 77.370 fl.

Abschlag des Rückgewinnes an altem Brückenholz, Eisen etc.	3.370 "
Summe der Baukosten	<hr/> 74.000 fl.

Die sämmtlichen Arbeiten, mit Ausnahme der Montirungs-Arbeiten, wurden von der Bahnanstalt in eigener Regie ausgeführt und der Hauptsache nach in der Zeit von Anfang August bis Ende December, d. i. innerhalb fünf Monaten effectuirt.

*) Es ist jedoch dabei zu bemerken, dass die ausserordentliche Kälte von 15° R. und der während der Verschiebung eingetretene starke Schneefall einen fühlbar verzögernden Einfluss auf die Arbeiten nahm. Die Verschiebung und Lagerung der bereits erwähnten Eisenbrücke bei Katowitz mit einer Stützweite von 725 m und einem Gesamtgewicht bei 246 t ging nach denselben Bewegungs-Principien und bei schiefer Richtung der Verschiebbahn gegen die Bahnachse innerhalb des Zeitraumes von nur 5 Stunden vor sich.

Untersuchung der Indicatoren und der Indicatorfedern.

Von **Mor. R. v. Pichler**, Civil-Ingenieur.

Bei der ausgedehnten Anwendung und der allgemeinen Verbreitung der Indicatoren als hervorragendstes Untersuchungsmittel für Dampfmaschinen und Pumpen ist es von grosser Wichtigkeit den Grad der Genauigkeit dieser Instrumente kennen zu lernen.

Die Untersuchung der Indicatoren zerfällt in zwei Theile, diese sind:

1. die Untersuchung der Geradföhrung und des Schreibzeuges, ganz ohne Berücksichtigung der Reibungswiderstände, nur mit Beachtung des geometrischen Zusammenhanges zwischen dem Wege des Kolbens und jenem des Schreibstiftes.

2. Die Untersuchung der Fehler, welche in der Reibung des Kolbens und der Gelenke, in dem Spiele dieser letzteren und schliesslich in der Unregelmässigkeit der Feder des Instrumentes ihren Grund haben.

In dem Nachfolgenden werden die wesentlichen Constructionen des Indicators und dessen verschiedene Ausführungen als bekannt vorausgesetzt; auch wird das Instrument frei von groben Constructionsfehlern angenommen. Es finden demnach Fehler, wie beispielsweise die nicht parallele Lage der Achsen der Papier- und des Indicator-Cylinders, hier keine weitere Erörterung.

Für das im Vorliegenden angestrebte Ziel, mit dem Indicator möglichst genaue Aufnahmen zu machen, ist es nicht erforderlich, die sämmtlichen Fehlerquellen gesondert zu kennen, es genügt vielmehr die Summe der Fehler zu wissen.

Für die Herstellung der Feder, des wichtigsten Bestandtheiles des Indicators, ist es nöthig, diese einer ganz speciellen Untersuchung zu unterziehen und für die Erzeugung derselben maassgebende Grundsätze aufzustellen.*)

1. Untersuchung der Geradföhrung.

Bei den Indicatoren finden hauptsächlich zwei Geradföhrungs-Systeme Anwendung. Das eine von Richards war bei den englischen (Elliott), österreichischen (Kraft) und deutschen (Schäffer und Budenberg), das andere von Thompson ist bei den amerikanischen (Bukeye) Instrumenten und neuerer Zeit in zahlreichen Varianten bei Instrumenten aller Länder angewendet.

Letzterer Zeit hat Elliott neuere Constructionen mit directer Föhrung angewendet; woraus wohl geschlossen

*) In einer Brochure, betitelt „Der Indicator und sein Diagramm“, Wien, Carl Gerold's Sohn, 1880, habe ich die Construction der Indicatoren eingehend besprochen und kann mich diesbezüglich auf das dort Gesagte hier berufen. Die vorliegende Studie ist gleichzeitig mit jener über die Indicatoren entstanden, wurde jedoch, wenn gleich auf die Dimensionirung der Indicatoren einflussnehmend, als den Benützern dieser Instrumente ferner stehend, in jene Publication nicht aufgenommen.

Die Geradföhrungen habe ich nur insoferne ergänzt, als ich eine neuerer Zeit entstandene Construction auch hier in objectiver Weise der Untersuchung einbezogen habe.

werden kann, dass die frühere Geradföhrung den Erzeugern nicht vollkommen entsprach.

Ich habe den geometrischen Zusammenhang der gebräuchlichsten Geradföhrungen graphisch sorgfältig untersucht. Dies geschah in doppelter Weise. Einmal nach der Abweichung aus der theoretischen Geraden (Ermittelung des Horizontalfehlers) und dann nach der Verschiebung in der Verticalen (Ermittelung des Verticalfehlers).

Für äquidistante Kolbenwege wurden die horizontalen und die verticalen Abweichungen der von dem Schreibstifte verzeichneten, von den theoretischen Punkten ermittelt.

Da zum Vergleiche der verschiedenen Geradföhrungen eine Normallage angenommen werden musste, so wurde die mittlere Stellung des Schreibstiftes, in der folgenden Tabelle mit 40 bezeichnet, als Nulllage gewählt. Von dieser Lage wurden, sowohl aufwärts, als auch abwärts, die Abweichungen von den Äquidistanten, in Intervallen von fünf zu fünf Millimeter, untersucht.

Die folgende Tabelle enthält die Angaben der horizontalen und der verticalen Abweichungen der nachbenannten Geradföhrungen.

1. Geradföhrung von Thompson, nach Abmessungen von einem Original-Instrumente.
2. Dieselbe Geradföhrung, nach Angabe einer Original-Zeichnung.
3. Geradföhrung Richards, nach Angabe Elliott's.
4. Geradföhrung von Rosenkranz, nach Angabe d. Z. d. V. d. J. 1881.
5. Geradföhrung (Thompson nachgebildet), wie sie als Resultat dieser Untersuchung hervorging.

Tabellarische Zusammenstellung der Fehler der Geradföhrungen.

Die Angabe der Fehler geschieht in zehnmaliger Vergrösserung; die Fehler beziehen sich direct auf den Schreibstift.

Der Fehler ist positiv, wenn die Abweichung bei verticaler Lage der theoretischen Geraden über, respective links von dem Vergleichspunkte liegt, er ist hingegen negativ, wenn die Abweichung unter, respective rechts von dem Vergleichspunkte liegt; je nachdem verticale oder horizontale Abweichungen gemeint sind. Die geradegeföhrte Länge im Maximum wurde auf 80 mm Höhe untersucht und bei dem tiefsten Punkte die Zählung begonnen, derart, dass die früher erwähnte Nulllage bei 40 mm liegt. Dass die meisten Geradföhrungen nur 75—77 mm gerade zu führen bezwecken, steht dieser Annahme nicht entgegen.

Es geht aus der Tabelle hervor, dass für eine Schreibhöhe von 80 mm die Thompson'sche Geradföhrung, wie sie an den amerikanischen Instrumenten angebracht ist, nicht ausreicht. Der Schreibweg dieser Instrumente ist thatsächlich auch ein kleinerer, circa 60 mm.

Tabelle I.

Fehler der Geradföhrungen in 10facher Naturgrösse.

Absolute Vertical- Höhe in Millimeter	Instrument 1		2		3		4		5	
	Amerikanischer Indicator				Richards Elliott		Rosenkranz' neue Geradföhrung		Neu dimensionirte Geradföhrung	
	Aufnahme		Zeichnung							
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	vertical	horizontal	vertical	horizontal	vertical	horizontal
0	20	15	18.5	17.5	1	3	25	0	7	2.9
5	14.5	9.75	—	—	—	—	18.5	0	3.8	0
10	9.2	6	4.6	2.3	Maxi- mum	Maxi- mum	15.0	2.4	2.8	0
15	6	3.3	0.2	1.6	8	4	—	—	—	—
20	2.2	1.2	2.2	0.5	—	—	8.5	1.0	0.7	—1.3
25	—	0.2	0	0	—	—	—	—	—	—
30	0	0	0	0	—	—	0	0	0	0.5
35	0	0	—	0	—	—	—	—	—	—
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
50	—2.2	0	0	0	Mini- mum	Mini- mum	0	0	0	0
55	—	—	—	—	—8	—4	—	—	0	0
60	—4.4	1.6	2	—0.5	—	—	11	0	0	0
65	0	0.3	—	—	—	—	—	—	0	0
70	0	0	9	—5.8	—	—	17	—2.4	0	0
75	1.5	—1.6	—	—	—	—	16.5	0	1.5	0.7
80	1.5	—14.6	29	25.5	—1	—3	15	+2	6.2	0

Die dicken Horizontalstriche in den einzelnen Vertical-Colonnen schliessen die angeblich gerade geföhrte Strecke ein.

Die Elliott'schen Instrumente müssen 77.7 mm, also nahezu den hier zu Grunde gelegten Betrag, correcten Schreibweg besitzen.

Die neue Rosenkranz'sche Geradföhrung ist für 75 mm Höhe ausgeföhrt.

Wie aus dem Vergleiche der Instrumente Nr. 1 und 2 hervorgeht, weicht die beabsichtigte Föhrung von der thatsächlich angeföhrten nicht unwesentlich ab; es ist dies bei Beurtheilung der Instrumente 4 und 5 zu berücksichtigen.

Die Thompson'sche Anordnung zeigt die grössten Abweichungen in den unteren Lagen, also bei geringen Drücken. Bei der von mir dimensionirten Geradföhrung, in der letzten Tabelle werden die Fehler minimal. Der eben angedeutete Charakter der Fehler ist immerhin weniger störend, als jener der Richards'schen Geradföhrung, wo die Maximalabweichungen nahe der Mittellage statt haben.

Diese Untersuchung scheint zu zeigen, in welcher Weise Elliott die Instrumente justirt. Es geschieht dies augenscheinlich dadurch, dass die beiden Extremenden der Föhrung und die Mittellage mit den theoretischen Lagen coincidiren, dass also wenigstens drei Lagen vollkommen correct sind. Rosenkranz, der die Justirung für überflüssig hält, vergisst, dass eine unter gewöhnlichen Umständen theoretisch richtig functionirende Geradföhrung bei Indicatoren nicht zweckmässig ist, ja sogar zu Fehler föhren muss. Der Indicator-Kolben würde nur dann genau proportional dem Schreibstifte sich bewegen, wenn die Kolbenstange nicht durch eine ganz kurze (circa 16 mm lange) schwingende Stange mit dem Schreibhebel in Verbindung gebracht wäre. Ich empfehle diesem Herrn, die Wiederholung dieser Untersuchung in vergrössertem Maassstabe auszuföhren und dabei

zu berücksichtigen, dass die Lage des Schreib-Hebels bei der Thompson'schen Anordnung, zu der ja seine Geradföhrung auch zählt, einmal durch den Gegenlenker und dann durch die Länge der kurzen Stange vollkommen bestimmt wird. Der Schreibstift, sowie der andere Endpunkt des Schreib-Hebels, werden sich dann, ihrem geometrische Zusammenhange entsprechend, einstellen.

Die Abweichungen in horizontaler Richtung sind gering, auch sind sie meistens für das Indicatordiagramm von untergeordneter Bedeutung als jene in verticaler Richtung, welche die Genauigkeit der Druckmessung wesentlich beeinflussen.

Bisher bestand die Uebung, sowohl die Feder als auch die Geradföhrung theoretisch vollkommen richtig aufzufassen, also bei der Messung im Diagramme eine strenge Proportionalität zwischen den Wegen des Kolbens und des Schreibstiftes vorauszusetzen. Die Druckmessung erfolgte ausschliesslich durch Maassstäbe mit einer constanten Theilung.

Die in der Tabelle angegebenen Abweichungen sind mit Ausnahme von Instrument 1 sozusagen theoretische; zu ihrer Ermittlung diente nur die geometrische Beziehung der Geradföhrung.

Die praktische Lösung wird daher die angegebenen Werthe wesentlich modificiren und unter Umständen sehr bedeutend vergrössern. Durch das Studium der Geradföhrung in vergrössertem Maassstabe gewinnt man Einblick in den bedeutenden Einfluss kleiner Verschiebungen der einzelnen Gelenkspunkte auf das Resultat.

Die Geradföhrung muss demnach derart ermittelt werden, dass die Fehler, welche durch die Verbindung mit dem Kolben bedingt werden, durch entgegengesetzte Fehler der Geradföhrung selbst vollkommen compensirt werden. Es wird daher eine geometrisch-richtige Geradföhrung, wenn

die Kolbenverbindung unbeachtet bleibt, keineswegs die gewünschte Proportionalität zwischen Zeichenstift und Kolben erreichen können.

Es ist daher wünschenswerth, dass die Geradföhrung wenig Theile besitze, möglichst einfach und solid und, mit Rücksicht auf die störenden Einflüsse der bewegten Massen, leicht sei.

Diesen Bedingungen entspricht die Thompson'sche Anordnung sehr wohl. Aus der Tabelle geht hervor, wie durch geeignete Wahl der Dimensionen der Schreibweg von 80 mm vollkommen erreicht werden kann. Diese Geradföhrung, welche ich durch zahlreiche graphische Versuche unter Variation der einflussnehmenden Elemente ausgemittelt habe, ist gegenwärtig bei den neuen Instrumenten, welche der Mechaniker E. Kraft & Sohn in Wien erzeugt, verwendet.

Ehe ich auf die Untersuchung jener Fehler eingehe, welche in der zweiten Gruppe zusammengefasst wurden, ist es nöthig, die Bedingungen aufzustellen, welche eine gute Indicator-Feder zu erfüllen hat.

Die Indicator-Feder.

Die Federn, welche in den Indicatoren verwendet werden, müssen eine Reihe von Bedingungen erfüllen, die zum Theile an die Feder selbst, zum Theile an deren Combination mit dem Schreibzeuge des Instrumentes geknüpft sind. Bedingungen, welche die Herstellung der Feder wesentlich erschweren.

Durch die Untersuchung der Federn, welche den Instrumenten renommirter Firmen beigegeben sind, gewinnt man die Ueberzeugung, dass in der Herstellungsweise und in den anzustrebenden Zielen sehr verschiedene Anschauungen herrschen.

Der praktische Ingenieur kommt selten in die Lage, die Federn eines Instrumentes sorgfältig auszuprobiren. Es ist dies sehr umständlich und erfordert eine Reihe von Hilfsapparaten, über welche der Einzelne nicht immer verfügt. In der Regel verlässt sich der Ingenieur daher auf die dem Instrumente beigegebenen Maassstäbe. Es ist somit die Aufgabe des Mechanikers, diese Maassstäbe möglichst correct anzufertigen.

Die mit dem Indicator genommenen Diagramme besitzen nur dann einen reellen und wirklich auch sehr hohen Werth, wenn dieselben thatsächlich das wahre Bild der Vorgänge in der zu untersuchenden Maschine entrollen und nicht, wie dies leider bei einer grossen Zahl der bestehenden Instrumente der Fall ist, durch die Mangelhaftigkeit der Construction und durch eine fehlerhafte Ausführung, den Ingenieur mitunter zu weittragenden Fehlschlüssen führen.

Der Indicator soll dazu dienen, die schärfsten und empfindlichsten Untersuchungen an den Maschinen durchzuführen. Leider scheint derselbe aber in vielen Fällen verurtheilt zu sein, seine Rolle mit der Maschine, die er prüfen soll, zu wechseln. Die Fehler und die Mängel des Instrumentes müssen häufig erst an wohl ausprobirten Maschinen aufgehellt werden, um, auch nur mit einem gewissen Grade der Genauigkeit, aus den Resultaten Schlüsse ziehen zu können.

In der Brochüre, welche Elliott Brothers ihren „verbesserten Richards Dampfmaschinen-Indicatoren“ begeben, werden die Federn, soweit es mir bekannt ist, die diese Firma gewöhnlich erzeugt, in 10 Nummern angegeben.

Diese sind:

Nr. der Feder	Federung Zoll engl. pro 1 Pfd. u. 1 \square ''	Grenzbelastung in Pfd. pro 1 \square ''
1	1 : 8	— 15 + 10
2	1 : 12	— 15 + 22.5
3	1 : 16	— 15 + 35
4	1 : 20	— 15 + 47
5	1 : 24	— 15 + 60
6	1 : 30	0 + 80
7	1 : 32	0 + 100
8	1 : 40	0 + 125
9	1 : 48	0 + 150
10	1 : 56	0 + 175

Es wird besonders hervorgehoben, dass die meisten Maassstäbe Vielfache von der Grundzahl 8 sind, die ja auch bei der Geradföhrung eine Rolle zu spielen scheint, und dass, bei dem Fehlen des eigentlichen Federmaassstabes, jederzeit mit dem gewöhnlichen Zollmaasse die Diagramm-ordinate gemessen werden kann. Es werden bei allen Federn constante Maassstäbe vorausgesetzt. In der angezogenen Brochüre heisst es wohl, dass die Federn mit einem ausserordentlich empfindlichen Apparat geprüft werden, welcher eigens zu diesem Zwecke construirt wurde. Auch die Temperatur, heisst es, sei dadurch berücksichtigt, dass die Prüfung der Federn bei einer Temperatur von 212° F. erfolge.

Ich kenne weder den Apparat der Herren Elliott, noch die Art und Weise, in welcher die nöthigen Correctionen vorgenommen werden, doch hatte ich häufig Gelegenheit, Federn ihrer Construction zu untersuchen. Ich fand dabei, dass die obige Tabelle und die angebliche Correction der Temperatur in vielen Fällen bei sonst vorzüglicher Construction schlecht übereinstimmen.

Herr Rosenkranz, der für die Firma Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg, unter dem Titel „Der Indicator und seine Anwendung mit specieller Beziehung auf den Indicator nach Richards“, eine Gebrauchsanweisung schrieb, behandelt die Federn in einer sehr oberflächlichen Weise.

Man erfährt da nur deren Existenz, und höchstens noch, dass sie in zweierlei Stärken angefertigt werden. Das Messen der Diagramm-Ordinaten habe nach einem Maassstabe zu erfolgen, der abgebildet erscheint. Aus diesem Maassstabe, der sich in überflüssiger Weise an den Leisten des Papier-Cylinders wiederhole, ist zu ersehen, dass die positiven Drücke in rheinischen Pfunden pro Quadratzoll, und die Vacuas, vermuthlich zur Vereinfachung, mittelst Quecksilbersäule in Zollen gemessen werden.

Von H. Rosenkranz sind letzterer Zeit für sein eigenes Interesse mehrere Publicationen erschienen, welche wohl das Streben erkennen lassen, die Indicatoren gut zu erzeugen, jedoch werden auch darin die Federn nur mehr nebensächlich behandelt.

Neuester Zeit werden die Federn aller continentalen Erzeuger nach Atmosphären-Maass bezeichnet und Maassstäbe constanter Theilung dem Instrumente beigegeben.

Die Federn des Thompson'schen Instrumentes, wie sie die Bukeye engine Co. in Salem herstellt, sind einfach mit einer Zahl versehen, z. B. „40“. Das bedeutet, dass die Diagrammhöhe von ein Zoll englisch dem Drucke von 40 Pfunden pro Quadratzoll entspricht.

Diese Bezeichnung ist einfacher, als die englische, bei welcher beide in vorstehender Tabelle gegebenen Zahlenwerthe angewendet werden.

Der Mechaniker E. Kraft & Sohn bezeichnet die Federn in der Weise, dass er nur die Grenzbelastung angibt, also beispielsweise $-1 + 5$ für eine Feder setzt, welche vom absoluten Vacuum bis zu 5 Atmosphären-Ueberdruck, also in ihrer Totalfederung 6 Atmosphären schreiben kann. Der Maassstab der Feder ist dann durch die Voraussetzung einer maximalen Diagrammhöhe von 80 mm bei den Grenzbelastungen, eine Annahme, welche die complete Ausnützung der Feder und der Geradföhrung zulässt, vollkommen bestimmt. Die als Beispiel angesogene Feder von 6 Atmosphären hätte demnach pro Atmosphäre eine Federung von $\frac{80}{6} = 13.33$ mm.

Die Federn weisen demnach alle constant getheilte Maassstäbe auf. Darin kann unter Umständen, wie bereits erwähnt, ein grosser Fehler liegen.

Die Ungenauigkeit kann aber durch mannigfache Bedingungen entstanden sein.

Es ist nöthig, für jedes einzelne Instrument und für jede Feder die Grösse der Fehler aufzusuchen, um damit erforderlichen Falles rechnen zu können.

Die Federn, welche von dem Mechaniker in möglichst vollkommener Weise fertiggestellt werden sollen, werden um so genauer sein, je einfacher ihre Erzeugung ist. Die individuellen Fehler müssen eben auch individuell berücksichtigt werden. Der Ingenieur wird dann nach eigenem Ermessen den Grad der Genauigkeit bestimmen, welcher seinen Untersuchungen zweckdienlich ist.

Es handelt sich somit in erster Linie darum, möglichst gute Federn in einfacher Weise herzustellen. Gut, bedeutet hier die thunlichste Proportionalität zwischen Belastung und Einsenkung. Die Feder wird nach dieser Auffassung um so besser sein, je genauer ihre Einsenkungen mit einem constant getheilten Maassstabe gemessen werden können.

Indicatorfedern sind entweder für das Messen des Vacuum und des Ueberdruckes oder ausschliesslich für das Messen des Ueberdruckes bestimmt.

Im ersten Falle wird die Feder auf Zug und Druck, im zweiten Falle nur auf Druck beansprucht.

Da es wünschenswerth ist, mit jeder Feder möglichst die Geradföhrung auszunützen, d. h. möglichst gross die Atmosphären zu schreiben, so sind durch das Instrument, durch die Geradföhrung und durch die Grenzbelastung, zwei Längedimensionen festgestellt. Diese sind die Längen bei der Maximal- und bei der Minimalbelastung.

Die Differenz dieser Längen muss den ganzen Kolbenweg des Indicators, bei den hier in Erörterung gezogenen Instru-

menten 20 mm, betragen, da das Uebersetzungsverhältniss von Kolben auf Zeichenstift mit 1 : 4 festgestellt ist.

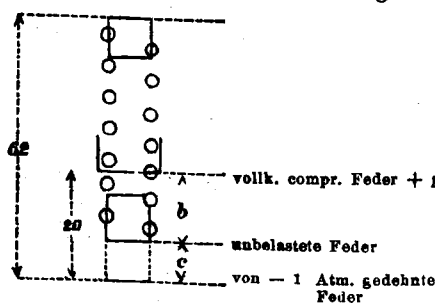
a) Federn für Vacuum und Druck.

Mit Rücksicht auf die Construction des Indicators habe ich die Länge der durch absolutes Vacuum ausgedehnten Feder, sammt den beiden, je mit 9 mm dimensionirten Verschraubungen, bei den gegenwärtig von Kraft gefertigten Instrumenten — für diese allein soll im Nachfolgenden die Studie durchgeführt werden — mit 62 mm festgestellt.

Angenommen, eine Feder wäre auf p Atmosphären-Ueberdruck zu comprimiren, und auf eine Atmosphäre *) auszudehnen, handelte es sich also, nach der oben gegebenen Bezeichnungsweise, um eine Feder $-1 + p$, so müsste ihre Länge im spannungslosen Zustande um den Betrag

$$c = \frac{20}{p+1} \text{ mm}$$

kürzer sein als die Maximallänge von 62 mm.



Für die Compression unter p Atmosphären verbleibt sodann das Federspiel:

$b = 20 - c = c p$ mm, so, dass jederzeit die Bedingung eingehalten wird:

$$b + c = 20 \text{ mm.}$$

Die durch das Schreibzeug bedingte Federlänge der unbelasteten Feder ist daher:

$$l_1 = 42 + b \text{ mm.}$$

Für irgend einen Federstahl liesse sich, bei bekannter Federung, die Feder jederzeit auf diese Länge l_1 bringen. Dies würde nahezu für jede Feder eine andere Windungshöhe bedingen.

Aus Rücksicht einer einfachen Erzeugung ist es aber sehr wünschenswerth, dass die Ganghöhe der unbelasteten Feder immer ein und dieselbe werde, und dass die nothwendige Variation lediglich in die Anzahl der Windungen gelegt werde.

Die Ganghöhe soll, für alle Federn, 6 mm betragen; hievon sind mindestens 4 mm ausschliesslich für positive Belastungen reservirt.

Bezeichne n die Anzahl der wirksamen Windungen, so ist demnach die Länge der ganzen Feder, sammt den beiden Ansätzen für die Verschraubung:

$$l = 6n + 18 \text{ mm,}$$

wobei jeder Ansatz 9 mm misst.

Es handelt sich nun darum, die Werthe von l , die ausschliesslich von der Eigenschaft der Feder abhängen, möglichst mit jenen von l_1 , welche durch das Schreibzeug bedingt werden, in Uebereinstimmung zu bringen, oder doch wenigstens so zu wählen, dass sie kleiner als l_1 werden. Es kann dann jederzeit die Correction der Länge, wie sie das Schreibzeug fordert, durch entsprechende Verlängerung des Verschraubungsstückes um den Betrag $l_1 - l$ vorgenommen werden.

*) 1.0833 kg pro cm^2 .

Bezeichnet λ die Ausdehnung einer Windung bei einer Atmosphäre, und ε die Zusammendrückung einer Windung bei p Atmosphären, so muss sein:

$\varepsilon = p \lambda$ in mm die Zusammendrückung einer Windung,

$b = n \varepsilon$ „ „ das Federspiel für die Compression und

$c = n \lambda$ „ „ die Ausdehnung der ganzen Feder bei einer Atmosphäre.

Die Summe:

$$\varepsilon + \lambda = \mu \text{ in } mm$$

bezeichnet die absolute Totalfederung einer Windung bei der ganzen Belastung von $p + 1$ Atmosphären.

Es sei beispielsweise eine Feder für $-1 + 10$ zu dimensionieren. Es ist da:

Der Maximaldruck:

$$p = 10 \text{ Atmosphären.}$$

Die Ausdehnung der Feder bei einer Atmosphäre:

$$c = \frac{20}{p+1} = 1.81 \text{ mm.}$$

Die Zusammendrückung der Feder bei p Atmosphären:

$$b = p c = 18.18 \text{ mm.}$$

Die vom Schreibzeuge geforderte Federlänge:

$$l_1 = 42 + b = 60.18 \text{ mm.}$$

Soll diese Feder 7 Windungen erhalten, so wird:

$$n = 7.$$

Die Ausdehnung einer Federwindung bei einer Atmosphäre:

$$\lambda = \frac{c}{n} = 0.259 \text{ mm.}$$

Die Zusammendrückung der Feder bei p Atmosphären:

$$\varepsilon = p \lambda = 2.597 \text{ mm.}$$

Die absolute Totalfederung einer Windung bei $p + 1$ Atmosphären:

$$\mu = \varepsilon + \lambda = 2.857 \text{ mm.}$$

Die Länge der unbelasteten Feder:

$$l = 6n + 18 = 60 \text{ mm.}$$

Damit also diese Feder nach jeder Richtung vollkommen genau ist, muss der Ansatz derselben um $l_1 - l = 0.18 \text{ mm}$ verlängert werden.

Beachtet man, dass alle Federn, welche ein und denselben Werth λ (Federung pro Windung und Atmosphäre) besitzen, bezüglich ihres Materiales und aller Eigenschaften identisch sind, so entsteht die Frage, ob und mit welcher Anzahl Windungen man eine Feder auch für irgend eine andere Atmosphäregrenze herstellen kann.

Es soll beispielsweise die Feder, bei welcher $\lambda = 0.259 \text{ mm}$ (also die obige Feder) beträgt, für die Maximalbelastung von $p = 15$ Atmosphären, also eine Feder $-1 + 15$ hergestellt werden. Es ist nun:

Die Zusammendrückung einer Windung bei 15 Atmosphären:

$$\varepsilon = p \lambda = 3.895 \text{ mm.}$$

Die absolute Totalfederung einer Windung bei 16 Atmosphären: $\mu = \varepsilon + \lambda = 4.15 \text{ mm.}$

Hieraus berechnet sich dann:

Die Ausdehnung der Feder bei einer Atmosphäre:

$$c = \frac{20}{16} = 1.25 \text{ mm.}$$

Die Zusammendrückung der Feder bei 15 Atmosphären:

$$b = p c = 18.75 \text{ mm}$$

und die Anzahl der wirksamen Windungen:

$$n = \frac{b}{\varepsilon} = 4.81.$$

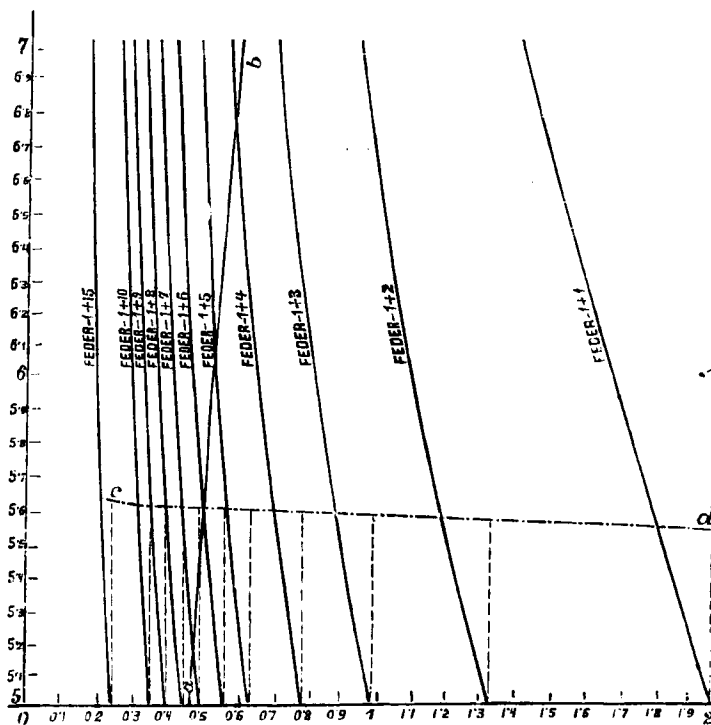
Damit die vorliegende Feder die 16 Atmosphären in richtiger Weise schreibe, müsste sie demnach 4.81 Windungen erhalten. Es betrüge dann:

$l_1 = 60.75 \text{ mm}$ die vom Schreibzeuge bedingte Federlänge, $l = 46.86 \text{ mm}$ die aus der Construction der Feder resultierende Länge unter Voraussetzung eines jederseitigen Ansatzes von 9 mm .

Die Ansätze der Feder wären daher im Ganzen um 13.89 mm zu verlängern.

Dieses Beispiel diene nur zur Illustration des Gesagten; für die praktische Ausführung würden sich so bedeutende Ansätze nicht empfehlen.

Diagramm für die Dimensionierung der Indicator-Federn.



Horizontale sind Millimeter Federspiel pro eine Atmosphäre und eine Windung (λ).

Verticale sind die federnden Windungen zwischen 5 und 7 (n).

Horizontale, zwischen Achse und Linie a-b, sind Federlängen nach der Formel $l = 6n + 18$ in mm .

Verticale, zwischen Achse und Linie c-d, sind Federlängen nach der Formel $l_1 = 42 + p \cdot n \cdot \lambda$ in mm .

Trägt man in einem Coordinationssystem, wie dies in dem vorstehenden Diagramm gemacht wurde, als Abszisse die Einsenkungen der Feder pro Windung und Atmosphäre, die Werthe λ , und als Ordinate die Anzahl der freien Windungen n ein, und construirt für die einzelnen Atmosphäregrenzen $-1 + p$ nach der Formel:

$$c = \lambda n = \frac{20}{p+1}$$

für irgend einen Werth von n den zugehörigen Werth von λ , so ergibt sich ein System von Curven, welches ein klares Bild des Zusammenhanges dieser Grössen bietet.

In dem Diagramm wurden die Curven zwischen 5 und 7 Windungen als praktische Grenze für Indicatorfedern und für die specifischen Einsenkungen von $\lambda = 0$ bis $\lambda = 2 \text{ mm}$ verzeichnet.

Man ersieht aus diesem Diagramm in deutlicher Weise, welche Feder für einen bestimmten Werth λ erzeugt werden kann.

Eine Feder, deren Einsenkung $\lambda = 0.36 \text{ mm}$ beträgt, erhält beispielsweise als Feder für Vacuum und

10 Atm.:	— 1 + 10	verwendet, 5	Windungen
9 "	— 1 + 9	"	5.5 "
8 "	— 1 + 8	"	6.1 "
7 "	— 1 + 7	"	6.8 "

Die entsprechenden Werthe l_1 , welche für ein und dieselbe Atmosphäregrenze constant, also unabhängig von der Anzahl der Windungen sind, wurden aus den Fusspunkten der Curven als Ordinaten gezogen. Ihre Endpunkte sind durch die Linie cd verbunden.

Die Feder soll folgende dem Schreibzeuge zu entsprechende Länge besitzen:

— 1 + 10	$l_1 = 60.18 \text{ mm}$
— 1 + 9	$l_1 = 60.00 \text{ "}$
— 1 + 8	$l_1 = 59.77 \text{ "}$
— 1 + 7	$l_1 = 59.50 \text{ "}$

Nach der Bedingung $l = 6n + 18$, wie die Federlänge thatsächlich ausfällt, hat auf deren Grösse nur die Anzahl der Windungen Einfluss.

In das Diagramm wurden die Werthe l , zwischen $n = 5$ und $n = 7$ Windungen in der Art eingetragen, dass die horizontale Länge zwischen der Ordinatenachse und der eingetragenen Linie ab den Werth l repräsentirt.

Diese graphische Zusammenstellung bietet für die Erzeugung der Federn eine grosse Uebersichtlichkeit und vereinfacht dem Mechaniker den klaren Einblick in die immerhin etwas complicirten Beziehungen.

Der Federstahl wird gewickelt, gehärtet und auf seine specifische Einsenkung λ geprüft. Sobald λ bekannt ist, kann aus dem Diagramm entnommen werden, welche Federn daraus zweckmässig erzeugt werden können, welche Länge dieselben zu Folge der Bedingungen des Schreibzeuges haben sollen, welche Anzahl von Windungen ihnen zu geben ist für eine bestimmte Atmosphäregrenze, und schliesslich, wie gross ihre effective Länge sein wird.

Die Differenz der Längen $l_1 - l = \Delta$ gibt den Betrag, um welchen die Verschraubungsstücke der Feder zu verlängern sind.

Diese Verlängerung wird zweckmässig nur an einer Seite angebracht, und bei der Zusammenstellung dem Deckel des Indicators zugewendet; es bleibt dann die vergrösserte Masse ohne schädlichen Einfluss auf die Richtigkeit des Diagrammes.

b) Federn, welche nur für Ueberdruck bestimmt sind.

Für diese Federn gilt bezüglich der Federlänge, der Ganghöhe ihrer Windungen und der Differenz der theoretischen und effectiven Länge ganz das Gleiche wie bei den für Vacuum bestimmten Federn.

Die Atmosphärenlinie liegt bei allen diesen Federn in der gleichen Höhe, und zwar in der tiefsten Lage der ausgenützten Geradföhrung. Nach der Bedingung des Schreibzeuges werden demnach alle Federlängen gleich gross; sie betragen 62 mm .

Die Zusammenpressung der Feder bei einer Atmosphäre wird:

$$c = \frac{20}{p} \text{ mm.}$$

Weiters die totale Zusammendröckung der Feder bei p Atmosphären:

$$b = 20 \text{ mm,}$$

die specifische Einsenkung:

$$\lambda = \frac{c}{n} \text{ mm.}$$

Die Einsenkung pro Windung und p Atmosphären:

$$\varepsilon = \frac{20}{n} \text{ mm.}$$

Ist beispielsweise $p = 11$ Atmosphären, so wird $c = 1.818 \text{ mm}$.

Hat die Feder $n = 7$ Windungen und beträgt die specifische Einsenkung $\lambda = 0.259 \text{ mm}$, die Einsenkung pro Windung bei p Atmosphären $\varepsilon = 2.857 \text{ mm}$, so wird die Länge der unbelasteten Feder $l = 60 \text{ mm}$, während das Schreibzeug die Länge $l_1 = 62 \text{ mm}$ erfordert.

Die Verlängerung mittelst Ansatzes muss daher betragen:

$$\Delta = 2 \text{ mm.}$$

Für diese Gruppe von Federn kann in ganz gleicher Weise, wie dies vorher mit der anderen Gruppe gethan wurde, ein Diagramm gebildet werden, welches alle Constructionsbedingungen enthält.

Auf diese Weise können die Federn für Indicatoren mit ziemlicher Leichtigkeit und grosser Genauigkeit hergestellt werden.

Dabei wird eine möglichst constante Einsenkung, resp. die Proportionalität der Einsenkung und der Belastung angestrebt.

Vorher gab man sich alle erdenkliche Mühe, um die theils in der Feder, theils in dem Instrumente liegenden Unregelmässigkeiten derart auszugleichen, dass der Maassstab für die Ordinatenmessung im Diagramm ein constanter werden könne. Dieses Bemühen konnte natürlich nur in Ausnahmefällen zu einem günstigen Resultate föhren.

Zweckmässiger und viel richtiger ist es, in der angedeuteten Weise vorzugehen.

Erst muss die Indicatorfeder möglichst richtig hergestellt, und dann, ohne die Feder langen Procedures zu unterziehen, wie dies bisher geschieht, um sie in vorgeschriebene Maassstäbe mit constanter Theilung zu zwängen, deren individueller Maassstab aufgesucht werden.

Der Ingenieur, der mit dem Indicator vertraut ist, wird jedesmal leicht entscheiden, ob er sich mit dem Grund-

maassstab einer Feder, der constante Theilung besitzt, begnügen will, oder ob der empirische, der Feder individuelle Maassstab Verwendung finden soll.

2. Untersuchung der Fehler, welche in der Reibung, dem Spiele der bewegten Massen und in der Unregelmässigkeit der Feder des Instrumentes ihren Grund haben.

Versuche mit Indicatoren zur Ermittlung dieser Fehler.

Ich habe, in der Absicht die Unregelmässigkeiten des Instrumentes nach dieser Richtung zu studiren, eine grössere Anzahl mir zur Verfügung stehender Indicatoren sammt Federn einer eingehenden Prüfung unterzogen.

Diese Prüfung wurde in der Weise vorgenommen, dass die Federn wachsenden und fallenden Belastungen, sowohl unter Dampfdruck als auch unter directer Gewichtsbelastung, also warm und kalt, ausgesetzt, und ihre Einsenkungen direct auf das Papier des Papiercylinders verzeichnet wurden.

Während die Belastung der Feder bei der kalten Probe sofort abgelesen werden konnte, war es vor Abführung der warmen Proben nöthig, eine genaue Scala für die herrschenden Dampfdrücke zu gewinnen. Die Drücke wurden an

Tabelle II.

Vergleich der verschiedenen Control-Instrumente mit dem zu den Feder-
versuchen verwendeten Manometer Nr. 54316 (Hoffmann).

Atmosphären	Angaben des Manometers Nr. 54316 verglichen mit					
	Staatsbahn Quecksilber- Manometer	Nordbahn Quecksilber- Manometer	Nordwest- bahn Seyss-Pumpe	Controlmanometer für Kessel für 20 Atmosphären	Schäffer & Budenberg Control- Manometer	Werkstätte Südbahn Control- Manometer
—	0 (0.3)	0 (0.3)	0	0	0	0.2
0.5	0.17	0.25	—	—	—	0.75
1	0.75	0.8	0.75	0.85	0.85	1.1
1.5	1.25	1.3	—	—	—	1.75
2	1.74	1.86	1.57	1.9	1.9	2.25
2.5	2.25	2.3	—	—	—	2.5
3	2.73	2.8	2.7	3	2.86	3.1
3.5	3.15	3.31	—	—	—	3.65
4	3.73	3.8	3.7	4	3.77	4.25
4.5	4.25	4.12	—	—	—	4.8
5	4.74	4.8	4.67	5.08	5.08	5.2
5.5	5.23	5.35	—	—	—	5.55
6	5.72	5.83	5.68	6.05	5.8	5.9
6.5	6.23	6.34	—	—	—	6.65
7	6.8	6.99	6.65	7.1	7	7.2
7.5	7.23	7.4	—	—	—	7.7
8	7.8	7.99	7.67	8.3	7.9	8.1
8.5	8.35	8.5	—	—	—	8.6
9	8.93	9.09	8.7	9.4	9	9.1
9.5	9.45	9.6	—	—	—	9.7
10	10.04	10.15	9.65	10.5	10.1	10.3
10.5	10.5	10.64	—	—	—	—
11	11.05	—	10.7	11.8	11.2	—
11.5	11.6	—	—	—	—	—
12	12.1	—	11.92	12.85	12.2	—
12.5	—	—	—	—	—	—
13	—	—	12.92	13.9	13.0	—

Anmerkung. Wenn die in dem Kopfe der Tabelle bezeichneten Instrumente die in der ersten Columnne A angegebenen Drücke auf ihrer Scala aufweisen, so zeigt das Manometer Nr. 54316 bei den einzelnen Controlapparaten die angegebenen Drücke in Atmosphären.

einem Röhrenmanometer, von C. Hoffmann & Co. in Wien gefertigt, abgelesen und in ein Diagramm zusammengestellt.

Es musste die Genauigkeit des Manometers festgestellt, das heisst seine richtige Scala ermittelt werden. Dies erfolgte durch den Vergleich mit mehreren Controlapparaten, und zwar mit dem Quecksilbermanometer der k. k. priv. österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft, dem Quecksilbermanometer der k. k. priv. Ferdinands-Nordbahn, einer Seyss-Pumpe, welche der österr. Nordwestbahn zur Manometer-Controle dient, und einigen weiteren Control-Instrumenten.

Das Resultat dieser Versuche wurde in der nachfolgenden Tabelle II zusammengestellt.

Die angegebenen Werthe sind Mittelwerthe aus Versuchen mit wachsender und solchen mit abnehmender Belastung.

Nachdem die Seyss-Pumpe ziemlich beträchtlich von den beiden Quecksilbermanometern abweicht, was vermuthlich auf den Zustand dieser Apparate, auf das angewendete Glycerin und auf enge Querschnitte der Canäle zurückzuführen ist, die Anzeigen der Quecksilbermanometer ziemliche Uebereinstimmung aufweisen, während jene der Controlmanometer sich als durchaus unverlässlich herausstellten, so wurden

Tabelle III.

Correction des Manometers Nr. 54316 durch die beiden Quecksilber-
Manometer; graphisch aus Tabelle II ermittelt.

Ablesung des Versuchs- Instru- mentes Nr. 54316	Wirkliche Pressung in Atmo- sphären	Correction	Ablesung des Versuchs- Instru- mentes Nr. 54316	Wirkliche Pressung in Atmo- sphären	Correction
0	0.3	— 0.3	5.75	5.95	— 0.2
0.25	0.5	— 0.25	6	6.21	— 0.21
0.5	0.75	— 0.25	6.25	6.45	— 0.2
0.75	0.95	— 0.2	6.5	6.7	— 0.2
1	1.2	— 0.2	6.75	6.9	— 0.15
1.25	1.45	— 0.2	7	7.18	— 0.18
1.5	1.6	— 0.1	7.25	7.45	— 0.2
1.75	1.85	— 0.1	7.5	7.7	— 0.2
2	2.1	— 0.1	7.75	7.9	— 0.15
2.25	2.45	— 0.1	8	8.12	— 0.12
2.5	2.7	— 0.2	8.25	8.35	— 0.1
2.75	2.95	— 0.2	8.5	8.58	— 0.08
3	3.22	— 0.25	8.75	8.83	— 0.08
3.25	3.5	— 0.25	9	9.05	— 0.05
3.5	3.7	— 0.2	9.25	9.27	— 0.02
3.75	3.93	— 0.18	9.5	9.48	+ 0.02
4	4.2	— 0.2	9.75	9.65	+ 0.1
4.25	4.45	— 0.2	10	9.9	+ 0.1
4.5	4.7	— 0.2	10.25	10.17	+ 0.08
4.75	4.94	— 0.2	10.5	10.4	+ 0.1
5	5.21	— 0.21	10.75	10.68	+ 0.07
5.25	5.45	— 0.2	11	10.93	+ 0.07
5.5	5.7	— 0.2	12	11.94	+ 0.06

Anmerkung. Das positive Zeichen der Correction zeigt an, dass die Ablesung des Manometers Nr. 54316 zu hoch, das negative Zeichen, dass die Ablesung zu nieder ist.

Das zu den Versuchen verwendete Manometer zeigt sonach bis 9.5 Atmosphären um 0.1 bis 0.2 Atmosphären zu geringe Drücke, während es von da ab bis zu 12 Atmosphären Druck etwas zu hohe Ablesungen gab; eine Eigenthümlichkeit, die auch hier die Einfüsse der Feder im Manometer erkennen lässt.

für die Ermittlung der Correction meines Manometers, Tabelle III, nur die Angaben der beiden Quecksilbermanometer verwendet. Der Apparat von Ruckholz mit directer Gewichtsbelastung, ähnlich, aber viel einfacher als jener von Seyss, war zur Zeit dieser Versuche noch nicht bekannt. *)

Die vergleichenden Versuche wurden sowohl vor als auch nach Abführung der Federversuche vorgenommen, so dass die in der Tabelle angegebenen Werthe in jeder Beziehung Mittelwerthe sind.

Ich beabsichtigte, bei den Versuchen unter Dampfdruck die Messung des Druckes in erster Linie mit äusserst exact regulirten Ventilen vorzunehmen und erst in zweiter Linie mich des Manometers zu bedienen.

Obgleich ich ein sehr sorgfältig justirtes Ventil an dem Versuchskessel anbrachte, so kam ich leider bald zu der Erkenntniss, dass es geradezu unmöglich sei, das „Blasen“ des Ventiles als Basis der Druckmessung zu betrachten.

Nachdem ich auch noch an einer mir von der Maschinen-direction der k. k. priv. Staatseisenbahn-Gesellschaft in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellten Locomotive, welche ebenfalls mit einem sehr sorgfältig hergerichteten Ventil mit Hebelbelastung versehen war, dieselbe Erfahrung machte, musste ich leider diese Absicht aufgeben.

Die Druckmessung mittelst offener Manometer während der Versuche selbst war zu meinem Bedauern nicht durchführbar.

In einer Kupferblase wurde mit Hilfe eines Gasbrenners Dampf erzeugt, der für die Untersuchung der Indicatoren verwendet wurde.

Auf einem Kupferrohre konnten 7 Indicatoren nebeneinander angebracht werden. In der Mitte stand das Manometer.

Von halber zu halber Atmosphäre wachsend wurden, bis zur Grenzbelastung der einzelnen Federn steigend, die Drucklinien geschrieben, und zwar erst dann, nachdem durch Regulirung des Brenners der erwünschte Druck constant blieb. Sodann wurden bei reducirter Feuerung in ähnlicher Weise die Drucklinien für fallende Belastungen registirt.

So wurden über 40 Federn der verschiedensten Provenienz in ihren Instrumenten untersucht.

Die Prüfung des kalten Instrumentes geschah in ähnlicher Weise, mit directer Gewichtsbelastung.

Durch diese Versuche wurde somit der jeder einzelnen Feder, mit Bezug auf deren Instrument, eigenthümliche Kräftemaassstab gefunden, für kalten und für warmen Druck. Alle Fehler und Unregelmässigkeiten drückten sich in der gewonnenen Scala der Feder aus.

Für jede Feder wurde auch die Lage des theoretischen Nullpunktes verzeichnet. Auch der Maximalfehler für einen und denselben Druck, also der doppelte Betrag der Reibung der bewegten Theile (entlastend und belastend) wurde für die kalte Probe eingetragen, desgleichen seine absolute Höhen-

lage im Diagramm. Angeschlossen folgen die von einigen der untersuchten Federn gewonnenen Resultate.

Es stellte sich heraus, dass es meistens ganz unzulässig ist, die Berechnung der Indicator diagramme auf Federn mit constanten Einsenkungen zu basiren.

Die sich ergebenden Abweichungen sind aber derart dem Instrumente und dessen Federn individuell, dass sich dafür kein bestimmtes Gesetz ableiten lässt; sie sind aber jedenfalls so bedeutend, dass ihre Grösse dem das Diagramm zu wichtigen Schlüssen verwerthenden Ingenieur bekannt sein muss, wenn er sich nicht täuschen soll.

Ich betone dieses hier aus dem Grunde ganz besonders, weil es mir wichtig erscheint, meine Fachcollegen, die nicht ähnliche Versuche durchzuführen Gelegenheit haben, zu warnen, bei wichtigen Untersuchungen mit dem Indicator sich mit unbedingtem Vertrauen auf die Maassstäbe mit constanter Theilung zu verlassen. Es ist begreiflich, dass die Erzeuger solcher Instrumente, denen die mühsame und umständliche Untersuchung der Federn in den Instrumenten bedeutende Mühe und Arbeit verursacht, eher geneigt sind, die für sie weit einfachere Methode constanter Theilung einzuführen, zumal in den seltensten Fällen der Indicator-Erzeuger in die Lage kommt, mit dem von ihm gefertigten Instrumente praktisch zu arbeiten.

Ueber den gewünschten Grad der Genauigkeit seines Instrumentes muss wohl jeder Ingenieur mit sich selbst in's Reine kommen.

Ich verweise beispielsweise auf die in Mühlhausen abgeführten Versuche einer Compoundmaschine („Bulletin de la société industrielle de Mühlhause 1880“), wo vor und nach der Indicatoraufnahme die Prüfung der Instrumente (tarrage) vorgenommen wurde. Für augenscheinlich vorzügliche Federn Elliott's wurde für die eine Feder von 7 Atmosphären Maximaldruck

als mittlere Atmosphärenhöhe 9.25 mm
für eine zweite gleiche Feder dgl. 9.43 „
für die eine Feder von 3 Atmosphären Maximaldruck als mittlere Atmosphärenhöhe:

für Druck . . 22.89 mm, für Vacuum . . 22.28 mm

und für eine andere gleiche Feder

für Druck . . 23.05 mm, für Vacuum . . 22.51 mm

ermittelt. Differenzen, die immerhin Beachtung verdienen.

Nachdem die Herstellung vollkommen theoretischer Federn mit absoluter Einhaltung der Proportionalität zwischen Druck und Einsenkung oder vielmehr zwischen Druck und dem vom Bleistifte des Indicators geschriebener Ordinate nach dem Vorstehenden nahezu unmöglich ist, so bleibt nur der Weg offen, für jede Feder den empirischen Maassstab durch sorgfältige Versuche festzustellen, und dies womöglich für kalten und für warmen Zustand durchzuführen.

Der auf diese Weise ermittelte Maassstab dient dann zur Messung der Ordinaten.

Der früher sehr beträchtliche Ausschuss der Firma E. Kraft & Sohn wird durch die neue Erzeugungsweise nahezu vollständig vermieden. Die Federn nähern sich in ihrer neuen Form viel mehr der constanten Theilung, als dies vorher, wo es gewaltsam angestrebt wurde, der Fall war.

*) Nach einer mir vom Herrn Professor Radinger gemachten Mittheilung reclamirt dieser Herr die Priorität des genannten Apparates für sich. Herr Ruckholz hingegen, wie ich glaube Besitzer des Privilegiums, stellt in einem mir zugekommenen Schreiben jede Ingerenz in Abrede.

Handelt es sich nur um Annäherung, so genügt es, die Ordinaten mit dem mittleren Maassstab der Feder, das ist:

$$\frac{80}{p+1} \text{ mm für Federn der I. Gruppe } (\pm)$$

$$\frac{80}{p} \text{ " " " " II. " } (+)$$

zu messen.

Anhang.

Tabelle über die Untersuchung der Federn.

In der angeschlossenen Tabelle wurden 30 verschiedene Federn mit den Resultaten der Prüfung zusammengestellt.

Die Serienbezeichnung bezieht sich lediglich auf die Versuchszeiten.

Die Instrumente sind von I bis VII numerirt; sie waren von folgenden Erzeugern:

Bukeye engine Co., Salem;
Schäffer & Budenberg, Magdeburg;
Elliot, London;
Kraft, Wien.

Es muss hier wohl hervorgehoben werden, dass die Instrumente vor den Versuchen nicht nachgesehen oder regulirt wurden, und, mit Ausnahme des amerikanischen Instrumentes, nicht neu, doch immerhin in einem so guten Zustande waren, den gewöhnliche Durchschnittsinstrumente nicht aufweisen können.

Vier Instrumente, sowie die wesentlichsten Bestandtheile zur Vornahme der warmen Probe, wurden in freundlicher Weise von der k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft mir zu den Versuchen zur Verfügung gestellt.

Bei jeder Feder wurden die folgenden Angaben gemacht:

1. Der mittlere constante Maassstab in Millimetern von der Atmosphärenlinie gemessen, wie er der theoretischen Angabe entspricht.
2. Die Ordinate bei kalter Belastung in Millimetern; gezählt von der (kalten) Atmosphärenlinie.
3. Dieselbe bei warmer Probe; gezählt von der (warmen) Atmosphärenlinie.
4. Die Differenz Δ der Posten sub 3 und 4 bei gleichen Drücken.
5. Die Differenz Δ_1 der Posten sub 1 und 2 bei gleichen Drücken.
6. Die Differenz Δ_2 der Posten sub 1 und 3 bei gleichen Drücken.

Bei den Federn für geringen Druck erfolgte die Notirung von Zehntel zu Zehntel, bei jenen für grösseren Druck, von halber zu halber Atmosphäre.

Die Lage des Nullpunktes wurde von dem untersten Rande des Indicatorpapieres ab, wenn dieses vollkommen auf dem Ansatz der Papiertrommel aufsass, in Millimetern gemessen.

Diese Messung erfolgte für die theoretische, die kalte und die warme Nulllinie. Bei der letzteren wurden zwei Linien gezogen, die eine vor Beginn der Druckgebung und die andere nach Schluss derselben, wenn die Entlastung wieder vollkommen erreicht war.

Die kalte Probe wurde in der Art abgeführt, dass bei einer gewissen Belastung die Feder durch einen plötzlichen Zug in Schwingung versetzt wurde. Auf diese Weise schrieben sich nach Herstellung des Gleichgewichtes gleiche Drücke in einer gewissen Entfernung von einander. Diese Entfernung muss der Reibung und dem Spiele der Charniere direct proportional sein.

Der maximale Betrag derselben wurde in Millimetern gemessen und nebst der Angabe der Höhe von dem unteren Papierrande und des dabei herrschenden Druckes in die Tabelle aufgenommen. Die Versuche wurden nach dem theoretischen Maassstab der Federn geordnet.

Die Untersuchungen unter einer halben Atmosphäre mussten unterbleiben, da erst bei 0.3 Atmosphären der Manometer in richtiger Weise zu functioniren begann. Die Posten 1 und 2 weisen die diesbezüglichen ganz unverlässlichen Angaben auf.

Es zeigte sich, dass nahezu bei allen Versuchen der theoretische Maassstab zwischen jenem bei kalter und bei warmer Probe liegt.

Der Einfluss der erhöhten Temperatur verräth sich dadurch, dass bei gleichen Pressungen die Ordinaten höher geschrieben wurden, wenn die Probe eine warme war.

Es treten da auch Unregelmässigkeiten auf, welche mehr oder weniger in den einzelnen Instrumenten ihre Erklärung finden müssen.

Besonders interessant ist das Studium der amerikanischen Feder. Es geht daraus hervor, wie wohl es möglich ist, Federn genau und verlässlich zu machen, wenn deren Erzeugung grosse Sorgfalt zugewendet wird. Mit solchen Federn kann man auch, ohne wesentlichen Fehler, nur den constanten Maassstab verwenden. Die neuen Federn, welche Kraft nach meinen Angaben herstellen, weisen eine ebenso scharfe Uebereinstimmung auf. Nebst der richtigen Dimensionirung der Feder trägt zu diesem Resultate wesentlich die sorgfältig gewählte Form und die äusserst correcte Ausführung des Indicators bei. Die Differenzen, welche sich bei der kalten und der warmen Probe ergaben, lehrten, dass die richtige Wahl der Verhältnisse der Instrumentenlänge zu jener der Feder von grossem Einflusse ist. Es werden dann die Ausdehnungen durch die Wärme gewissermaassen compensirt.

Bezüglich des Indicators, in dem die hier besprochenen neuen Federn Anwendung finden, weise ich auf eine im Buchhandel erschienene Arbeit: „Indicator und Indicator-Diagramm“. Gerold's Sohn.

Sie hat den Zweck, zur Verallgemeinerung der Indicators beizutragen, den mit dem Indicator und seiner Handhabung weniger Vertrauten vertraut zu machen, und auch für den Geübten als Handbuch bei der Untersuchung der Diagramme zu dienen.

Ich habe es dort absichtlich unterlassen, auf die thermischen Verhältnisse einzugehen, nachdem die Einführung der complicirten Einflüsse die angestrebte Klarheit nur getrübt und dem angestrebten Zwecke nicht entsprochen hätte.

Es erübrigt nur noch, den Indicator betreffend einige fachliche Bemerkungen zu machen, zu welchen mich eine im abgelaufenen Jahre erschienene Publication veranlasst. Bei dem wissenschaftlichen Zwecke meiner Studie vermeide ich es, dem Reclameton jener Veröffentlichung entgegen zu treten; aber im Interesse der Sache halte ich es für zweckmässig, auf einige Details einzugehen.

Ich habe der Verschraubungsmutter am Indicatorrohr einen Spielraum gegeben, der um Geringes kleiner ist, als die Höhe, welche diese Mutter auf den Stützen schraubt bei fixirtem Instrumente. Es wäre fehlerhaft, diesen Spielraum kleiner oder gar nicht anzubringen, weil die Mutter sich leicht und vollkommen unbelastet auf- und zuschrauben lassen muss; sie darf nicht ohne die bequeme und sichere Handhabung zu stören, den Indicator tragen; der muss vielmehr beim Lösen der Verbindung erst im letzten Augenblicke aus dem Stützen durch die Mutter gehoben werden.

Bezüglich der Regulirbarkeit der Feder des Papiercylinders begegnet man zuweilen der Anschauung, dass dieselbe unzweckmässig sei und beispielsweise bei Untersuchung von Locomotivcylindern nicht ausreiche. Ich habe häufig ohne den geringsten Anstand sehr schnell gehende Maschinen, auch Locomotiven mit der gewöhnlichen Feder des Papiercylinders und entsprechend regulirter Spannung indicirt.

Nebst der Bequemlichkeit, die in der Regulirbarkeit der Spannung des Papiercylinders liegt, wird aber auch durch die Möglichkeit, bei Nichtgebrauch des Indicators die Feder gänzlich zu entlasten, ein wesentlicher Vortheil erreicht.

Die Geradföhrung an einer ziemlich hohen, sorgfältig justirten Rohrhülse wurde, wie mir scheint mit wenig Glück, durch eine ganz niedrigere Föhrung, welche überdies an den Deckel des Indicators angebracht ist, ersetzt. Wenn bei diesem Constructionsdetail überhaupt von einem Spielraum die Rede sein soll, so wird zweifelsohne bei niedriger Föhrung der nachtheilige Einfluss auf die Lage des Schreibstiftes von grösserem Einflusse sein, als bei hoher Föhrung, ganz abgesehen davon, dass eine Deckelverschraubung, also eine lose Verschraubung, sich auch nur mit geringer Verlässlichkeit eignet, die Grundlage einer subtilen Föhrung zu bilden.

Untersuchung

von Indicator-Federn in ihren Instrumenten unter Gewichtsbelastung (kalt) und unter Dampfdruck (warm).

Bezeichnungen: Serien beziehen sich auf Versuchszeiten.

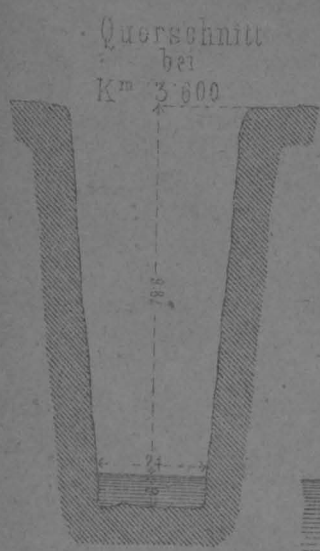
Anmerkung: Δ ist die Differenz zwischen den Resultaten der warmen und jenen der kalten Belastungsprobe.

Δ	"	"	"	"	"	"	wärmen und jenen der kalten Belastung.
$\Delta_{,,}$	"	"	"	"	"	"	theoretischen " "
	"	"	"	"	"	"	wärmen "

Serie	Instrument	Feder-Bezeichnung	Ordinate in Millimeter	Bei der folgenden Belastung in Atmosphären beträgt die Höhe am Papiercylinder, in Millimeter gemessen von der Atmosphärenlinie:										Lage des Null- punktes vom unteren Papier- rande gemessen in Millimeter				Maximaler Fehler			Anmerkung		
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5	3	theo- retisch	kalt	warm		in Höhe	bei Atmosph.		ist	
																	belast.	entlast.					
A	V	1/8, 10/15	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	4.7	9.3	14	18.6	23.3 22 26.5 4.5 1.3 -3.2	35 32 32.5 0.5 3 2.4						53	51	50	48	83	0.7	2		
A	II	1/8, 10/15	kalt warm Δ Δ, Δ,,	14.5	18.5	19.2									53	—	86	77					
D	III	1/8, 10/15	kalt warm Δ Δ, Δ,,	9.8	9.2	5.2		20.5 30 9.5 2.8 -6.7							53	58.5	58	57	79	0.5	1		
E	V	1/8, 10/15	kalt warm Δ Δ, Δ,,					19.3 29 9.7 4 -5.7	29.5 32 2.5 5.5 2.9						53	60	57	56	90	0.7	1.5		
E	VII	- 1 + 1	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,					20 19 27 8 1 -7	30 40 38 43 5 2 -3						47.5	54	50	49	53	1	5.5		
E	III	1/12, 15/22	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,					15.5 14.7 18.5 3.7 0.7 -3	31 29.5 32.5 3 1.5 -1.5	46.5 44.5 46.5 2 2 0					47.5	44.5	48	43	90	1.5	1.8		
A	III	1/12, 15/22	kalt warm Δ Δ, Δ,,					18.8 16.5 2.7 1.7 -1	28.7 30.5 1.8 2.3 0.6	45 45 0 1.5 1.5					47.5	53	48	42	82	1	0.2	Feder liegt auf	
A	VI	1/12, 15/22	kalt warm Δ Δ, Δ,,					14.5 17 2.5 1 -1.5	29.1 29 -0.1 1.9 2.0	44 46 2 2.5 0.5					47.5	54.5	51	50	83.5	1	1.5		
B	VI	1/12, 15/22	kalt warm Δ Δ, Δ,,					18.8 14 0.2 1.7 1.5	29 26 -3 2.1 5.1	42.5 39 -3.5 4.1 7.5					47.5	55	53	51	84	1	2.7		
D	V	1/12, 15/22	kalt warm Δ Δ, Δ,,					15.5 22 6.5 0 -6.5	30.2 35 4.8 0.8 -4	45.5 47 1.5 1.1 -0.5					47.5	43.5	43	42	89	1.5	2.3		
A	VII	- 1 + 2	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,					13.3 13 16 3 0.3 -2.7	26.6 26.5 27.5 1 0.1 -0.9	40 40.2 44 3.8 -0.2 -4	53.3 51 55 4 2.3 -1.7				34	40	38	37	80	1.5	2.5		
G	III	1/16, 15/35	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,					11.6 11 17 0 0.7 -5.4	23.3 21.7 26.7 5 1.5 -3.4	35 32.6 39 6.4 2.4 -4	46.6 44.5 46 1.5 2.1 -2.4	58.3 54.5			33	37.5	36	—	82.5	2	0.5	Feder liegt auf	

Serie	Instrument	Feder	Ordinate in mm	Bei der nachfolgenden Belastung in Atmosphären beträgt die Höhe am Papiercylinder in Millimeter gemessen von der Atmosphärenlinie														Lage des Null- punktes vom unteren Papier- rande in Milli- meter				Maximaler Fehler			Anmerkung
				0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	theo- retisch	kalt	warm		in Höhe	bei Atmosphären	ist Millimeter	
																				belast.	entlast.				
B	V	1/16, 15/35	kalt warm Δ Δ, Δ,,	11 12 1 0.6 -0.4	22 23 1 1.3 0.3	33 34 1 2 1	44.5 46 1.5 2.1 0.6										33	35.5	34	34	82	2	2.3		
B	III	1/16, 15/35	kalt warm Δ Δ, Δ,,	11 12 1 0.6 -0.4	22 23.5 1.5 1.3 -0.2	33.5 34.5 1 2.5 0.5	44 46 2 2.6 0.6										33	36	36	35	58	1	1		
G	V	1/20, 15/47	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	9.3 8.9 12 3.1 0.4 -2.7	18.7 17.8 19.5 1.7 0.9 -0.8	28 26.6 28.2 1.6 1.4 -0.2	37.3 36 37 1 1.3 0.3	46.6 43.7 44 0.3 2.9 2.6	55.9 52.5 52 -0.5 3.4 3.9							28	31.4	28	—	83	3	1.5			
G	III	1/24, 15/60	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	7.8 7.1 12.5 5.4 0.6 -4.7	15.5 15 18 3 0.5 -2.4	23.3 22.1 25.2 3.1 1.2 -1.9	31.1 29.5 30.5 1 1.6 0.6	38.8 37 37.5 0.5 1.8 1.3	46.6 44.3 45.5 1.2 2.3 1.1	54.4 52 52 0 2.4 2.4	62.2 58.5 58.2 -0.3 3.7 4.0					25	27.5	21	—	86	4	1.5			
G	VII	+ 5	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	7.5 7.5 9.4 1.9 0 -1.9	15 15.4 15.3 -0.1 -0.4 -0.3	22.5 22.6 23.4 0.8 -0.1 -0.9	30 31.5 29 -1.5 -1.5 1	37.5 39 37.5 -1.5 -1.5 0	45 47 43.8 -3.2 -3.5 1.2	52.5 53.5 50 -6 -1.5 2.5	60 61.5 55.5 -5.4 0.1 4.5	67.5 67.4 62 -3 0.2 5.5	75 73 70 -3 2 2			—	15	—	8	76	4	1.2			
D	VII	- 1, + 5	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	6.6 6.7 9 2.2 -0.1 -2.4	13.3 15 15.5 0.5 -1.7 -2.2	20 22.5 22.5 0 -2.5 -2.5	26.6 30 29 1 -3.4 -2.4	33.3 37.5 36.5 -2 -4.2 -3.2	40 45.5 43.5 -3.3 -5.5 -3.5	46.6 53 49.7 -4 -6.4 -3.1	53.3 59 55 -3.8 -5.7 -1.7	60 66.7 60.2 -6.5 -6.7 -0.2	66.6 73 67 -6 -6.4 -0.4			20	17	15	12	84	4.5	3			
B	VII	- 1, + 5	kalt warm Δ Δ, Δ,,	5.5 5 -0.5 1.1 1.6	11.5 10 -1.5 1.8 3.8	18 16 -2 2 4	24.5 21.8 -2.7 2.1 4.8	31 33.5 -4.4 2.8 6.7	39 39 -5.5 1.0 6.5	45.5 47 -6.5 1.1 7.6	51.6 51.6 -4.6 1.7 6.3	59.5 57 -2.5 0.5 3.0	69 67 -2 -2.4 -0.4			20	27	26	—	86	4.5	1.5			
G	III	1/30, 15/80	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	6.2 5.6 8 2.4 0.6 -1.8	12.4 11.5 13 1.5 0.9 -0.6	18.7 17.6 18.5 0.9 1.1 0.2	24.9 23.8 24.3 0.5 1.1 0.6	33.1 35.4 30.4 — — 0.7	37.2 — 35.8 0.4 1.9 1.5	43.5 — 42 — — 1.5	49.8 47 46.8 -0.2 2.8 3	55.9 — 52.4 — — 3.5	62.2 59 58.3 -0.7 3.2 3.9			21	24	—	23	83	5	1			
G	VII	- 1, + 7	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	5 5.2 7.2 2 -0.2 -2.2	10 10.5 12 2.5 -0.5 -2	15 14.4 17 2.6 0.6 -2	20 21.3 21 -0.3 -1.3 -1	25 25.4 25.5 0.1 -0.4 -0.5	30 31.3 31 -0.8 -1.3 -1	35 36.3 35.5 -0.8 -1.7 -0.5	40 41.7 40 -1.7 -1.7 0	45 49 44.5 -3.5 -3 0.5	50 53 49.6 -3.4 -3.0 0.4	55 58 55 -3.7 -3.5 0	60 63.5 59.8 -3.7 -2.2 0.2	65 67.2 — — — —	70 71.3 — — -1.3 —	18	24	21	—	72	4.5	1.8	
C	IV	- 1, + 3	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	10 8.2 9.5 1.3 1.8 0.5	20 19 16.5 -2.5 1 3.5	30 28.5 25.5 -3 1.5 4.5	40 40 34.5 -5.5 0 5.5	50 49 43.5 -5.5 1 6.5	60 59 54.5 -4.5 1 5.5							27	30	31	—	50	1.5	2.5			
C	III	1/20, 15/47	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	9.3 8.8 9 0.2 0.5 0.3	18.7 17.5 15 -2.5 1.2 3.7	23 26.2 24.5 -1.7 1.8 3.5	37.3 35.4 32.4 -3 1.9 4.9	46.6 43.8 40.5 -3.3 2.8 6.1	55.9 52.5 — — 3.4 —							—	—	—	—	83	3	2			
C	VI	1/20, 15/47	kalt warm Δ Δ, Δ,,	9 7 -2 0.3 2.3	18 15 -3 0.6 3.7	27 23 -4 1 5	37.1 36 -1.1 0.2 1.3	44.2 43 -1.2 2.4 3.6	53 — — 2.9 —							—	40.7	—	—	94	3	1.7			
C	III	1/24, 15/60	theoretisch kalt warm Δ Δ, Δ,,	7.8 7.5 7.6 0.1 0.3 0.2	15.5 15 19.1 4.1 0.5 3.6	23.3 22.2 21.2 -1 1.1 2.1	31.1 30.4 27.4 -3 0.7 3.7	38.8 37.7 35.2 -2.5 1.1 3.6	46.6 45.4 42.8 -2.6 1.2 3.8	54.4 52.8 50.3 -2.5 1.6 4.1	62.2 — 56.3 — — 5.9					25.5	30.5	—	—	83.5	3.5	0.3			

Serie	Instrument	Feder	Ordinate mm	Bei der nachfolgenden Belastung in Atmosphären beträgt die Höhe am Papiercylinder in Millimeter gemessen von der Atmosphärenlinie																Lage des Null- punktes vom unteren Papier- rande in Milli- meter			Maximaler Fehler		Anmerkung			
				0·5	1	1·5	2	2·5	3	3·5	4	4·5	5	5·5	6	6·5	7	7·5	8	theo- retisch	kalt	warm belastet entlastet	in Höhe bei Atmosphären ist	Millimeter				
C	V	1/24, 15/60	kalt warm Δ Δ, Δ,,	7·4 9 1·6 0·3 -1·3	15 15 0 0·5 0·5	22·4 20 -2·4 0·9 3·3	30·1 26 -4·1 1 5·1	37 34·8 -2·2 1·8 4	44·3 42 -2·3 2·3 4·6	52 48·5 -3·5 2·4 5·9	60 57 -3 2·2 5·2								25·5	30·5	—	—	83·5	3·5	0·3	schrägt 4 Atmo- sphären unzuverlässig		
C	VI	1/24, 15/60	kalt warm Δ Δ, Δ,,	7 7·5 0·5 0·8 0·3	14·7 15 0·3 0·8 0·5	22·1 26 3·9 1·2 -2·7	29·5 32 2·5 1·6 -0·9	37 39 2 1·8 -0·2	44·2 46 1·8 2·4 0·6	51 52 1 3·4 2·4										43·5				88	3·5	2		
C	VII	-1, +5	theoret. kalt warm Δ Δ, Δ,,	6·6 6 5 -1 0·6 1·6	13·3 12 10·2 -1·8 1·3 3·1	20 18 15 3 2 5	26·6 25 21 -4 1·6 5·6	33·3 31·5 26 -5·5 1·8 7·3	39·9 38 31·7 -6·3 1·9 8·2	46·6 45·5 39 -6·5 1·7 7·6	53·3 51·6 45 -6·6 0·5 8	60 59·5 52 -7·5 1 7·6	66·6 65·6 59 -6·6 1 7·6							24·5				84	4·5	3	unregel- mäßig	
C	VII	-1, +10	theoret. kalt warm Δ Δ, Δ,,	3·6 3·5 4 0·5 0·1 -0·4	7·3 7 7 0 0·3 0·3	10·9 10·7 10 -0·7 0·2 0·9	14·5 15 12·5 -2·5 -0·5 2	18·1 18·5 16·2 -2·3 -0·4 1·9	21·8 22·5 20 -2·5 -0·7 1·8	25·4 26·4 23·6 -2·8 -1 1·8	29·1 29·5 30 -1·8 -0·4 2·7	32·7 33·5 33·5 -3·5 -0·8 1·9	36·3 37·5 34·4 -3·1 -2·6 1·9	39·9 41·5 39 -2·5 -2 0·9	43·6 45·6 43 -2·6 -2·3 0·6	47·2 49·5 46·5 -4·3 -3·1 0·7	50·9 54 55 — — —	54·5 55 — — -0·5 —	58·1 62·5 — — -4·4 —		22				84	8	2·5	
C	I	60	theoret. kalt warm Δ Δ, Δ,,																									bei 3 Atmosphären unzuverlässig



Längen 1^{cm} - 170^m (5.88^{cm} - 1^{Km})
Höhen 1^{cm} - 17^m (5.88^{cm} - 100^m)

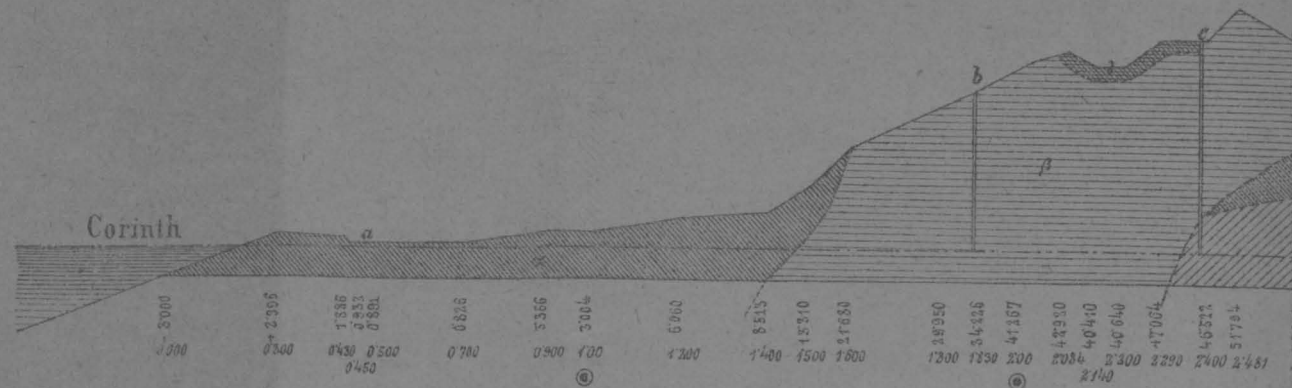


Fig 3. Situation.



ABSPERRDAMM AM TROCKENDOCK ZU POLA (8.333^{mm} = 1^m)

Fig 1b. Querschnitt.

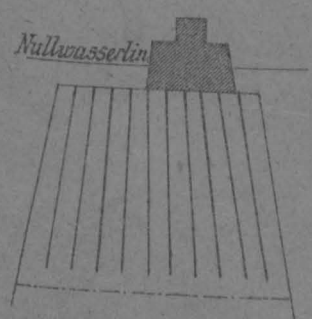


Fig 1a Längenschnitt.

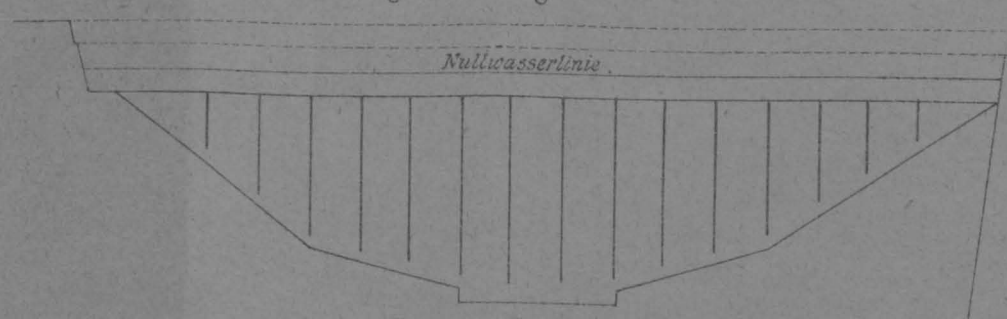


Fig 1c. Draufsicht.

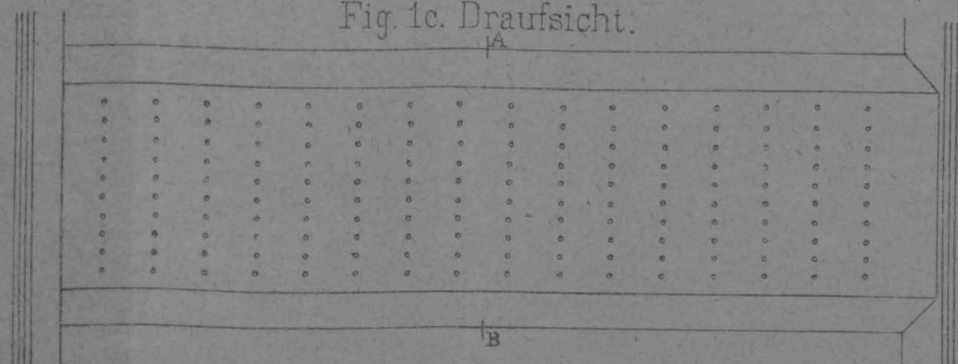
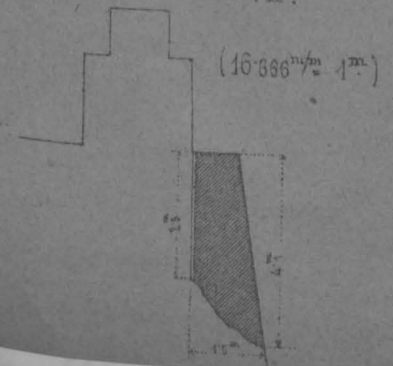


Fig 2a. Probemine N° VII.

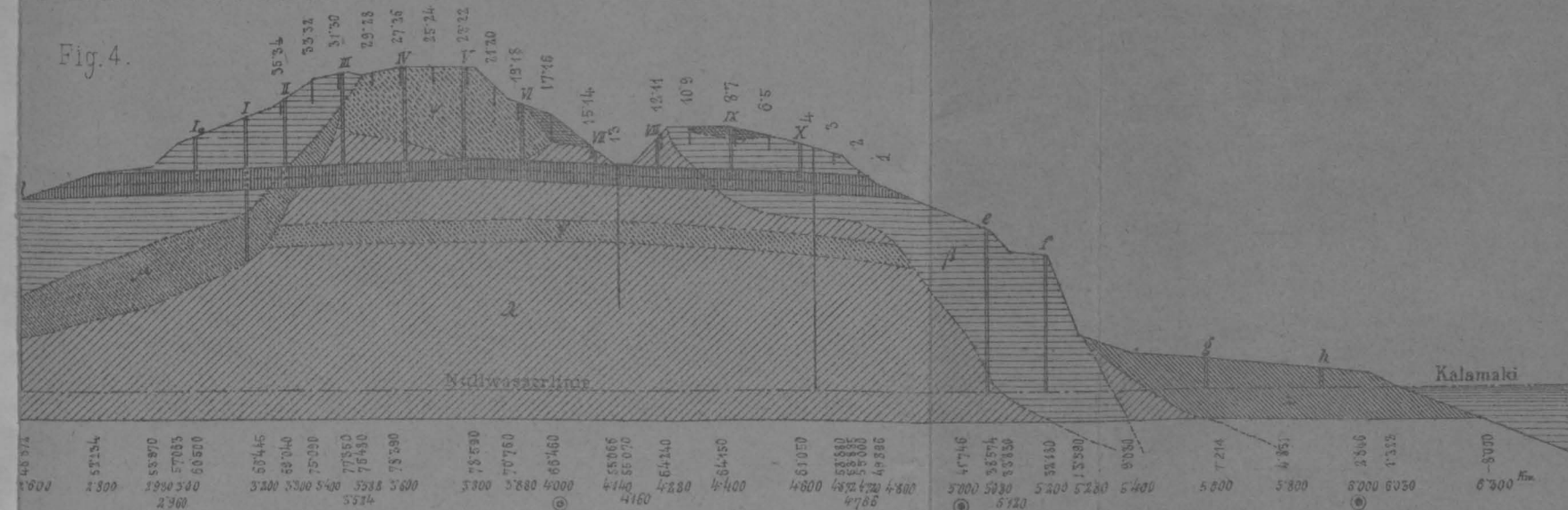


Schnitt durch
Bohrloch (3
Fig 2b.



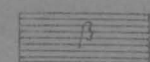
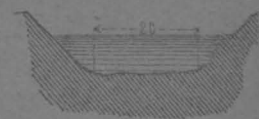
H DEN ISTHMUS VON CORINTH.

Fig. 4.



Querschnitt
bei

K^m 5.300



Conglomerat

Sandstein

weisse

Kreide

gelbe

Thon

I

16.08^m
3.177^m
56.50^m

II

18.12^m
3.389^m

III

23.73^m
3.481^m

IV

26.80^m
3.533^m

V

27.83^m
3.771^m

VI

18.300^m
3.921^m

VII

15.46^m
4.090^m

VIII

4.795^m
4.255^m

IX

13.00^m
4.444^m

X

11.97^m
4.501^m

a bis h Versuchsschächte

Ia bis X Einschnittsschächte

1 bis 35 neronische Schächte

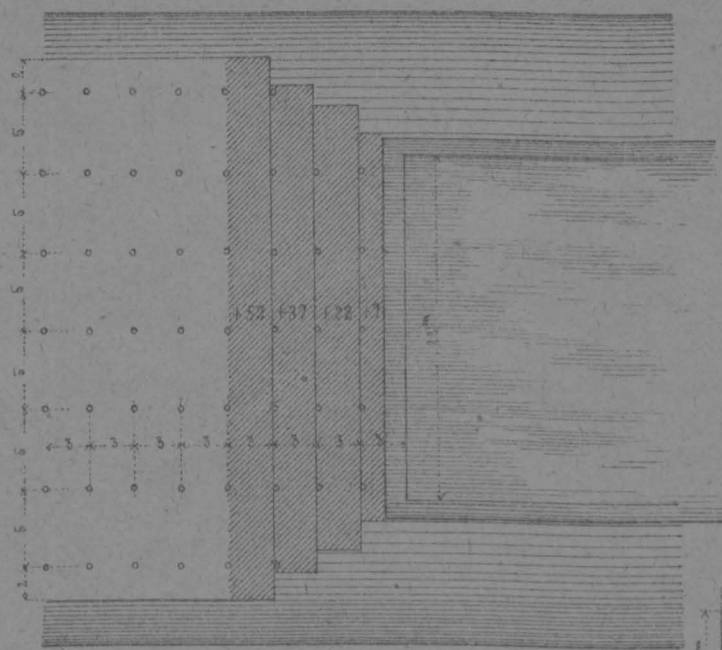
MINENANLAGE BEIM ISTHMUS - DURCHSTICH

Fig. 5 b. Längenschnitt

Fig. 5 c. Querschnitt

Fig. 5 a Draufsicht

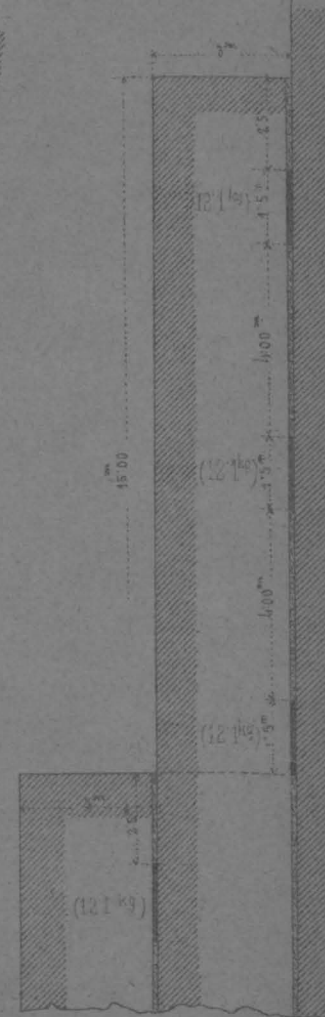
Rhein
3335.1^m



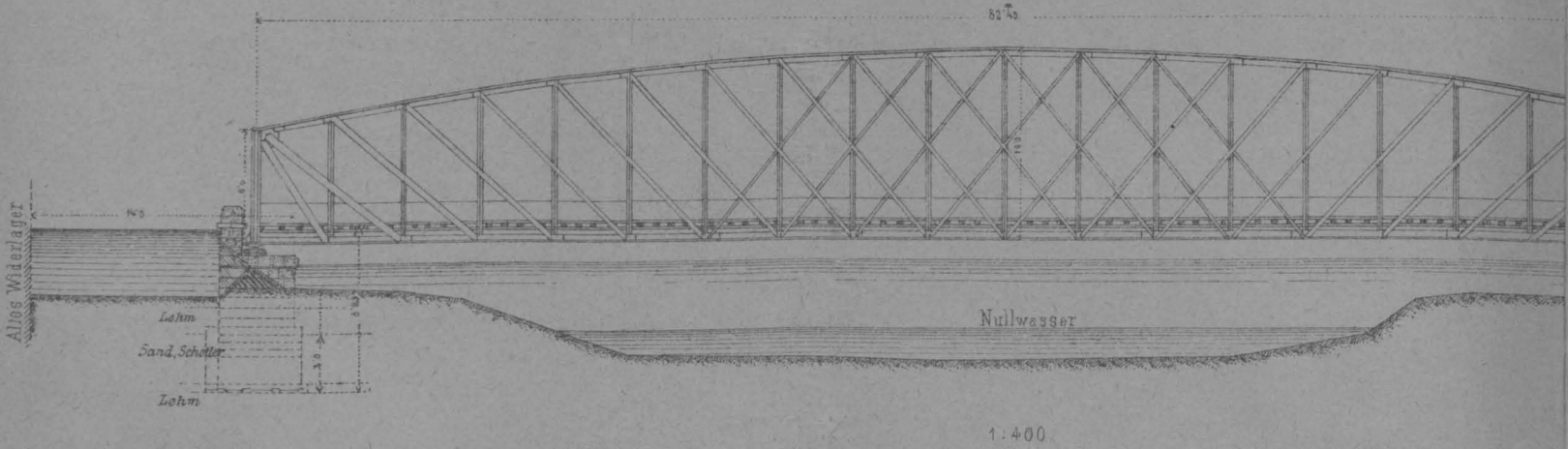
Nullwasser

1:600

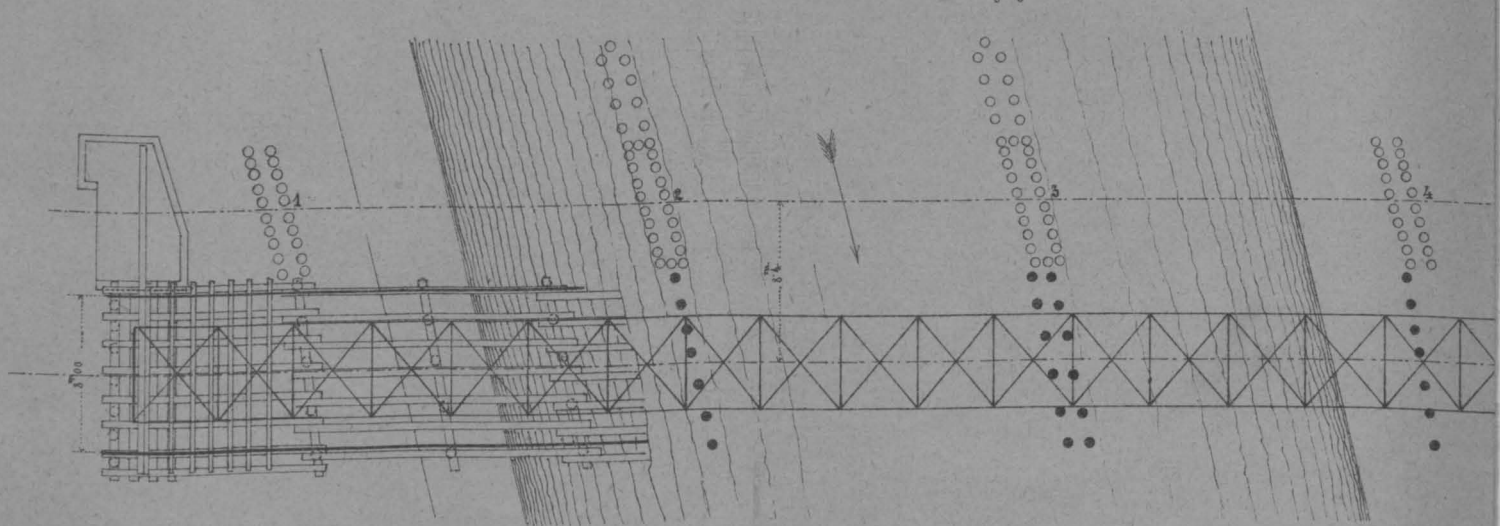
Fig. 6.
Minenanlage
einer Mittelstafel



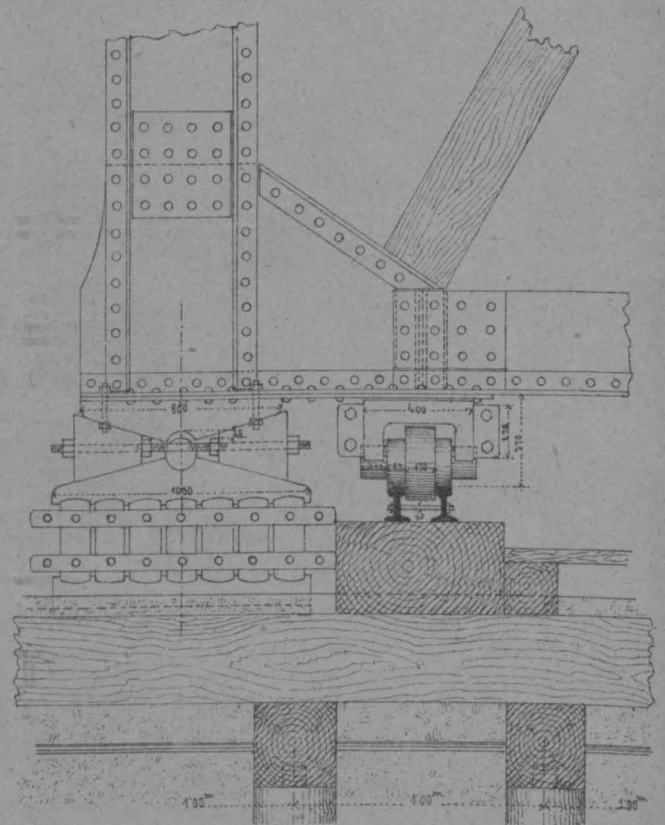
Ansicht der neuen Eisenbrücke.



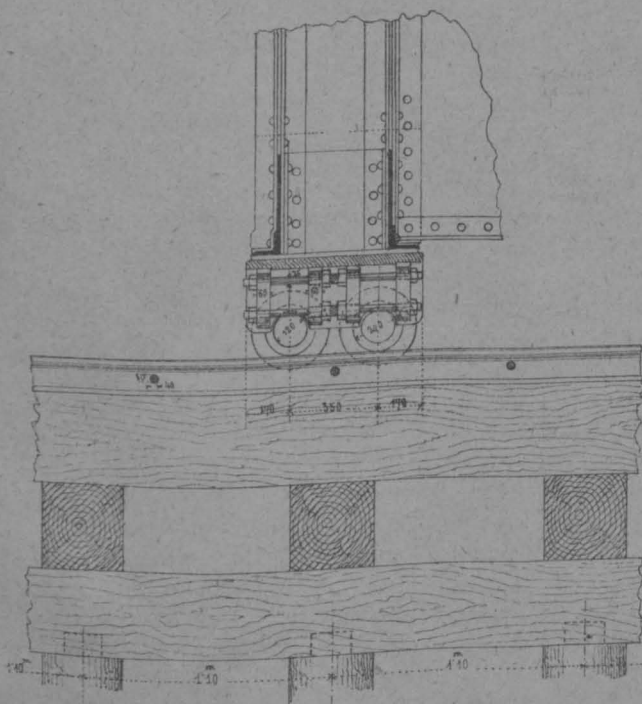
Grundriss des Montierungsgerüsts.



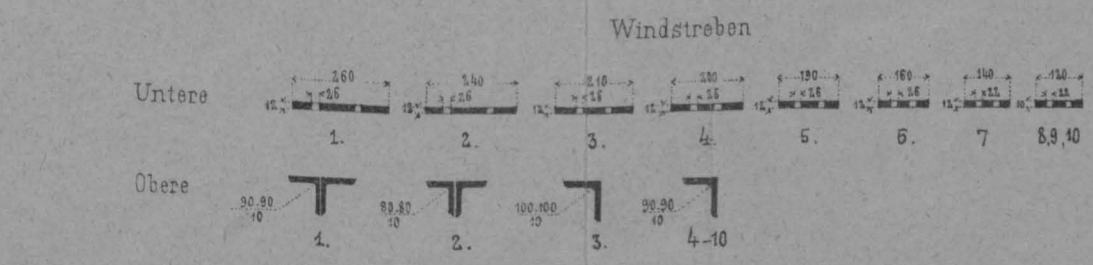
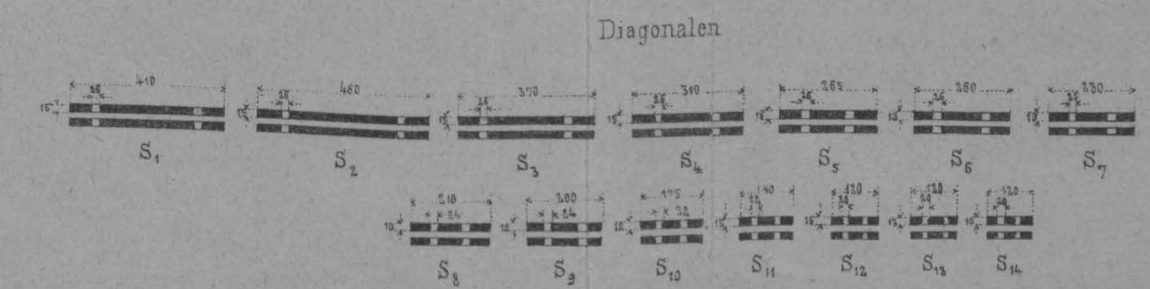
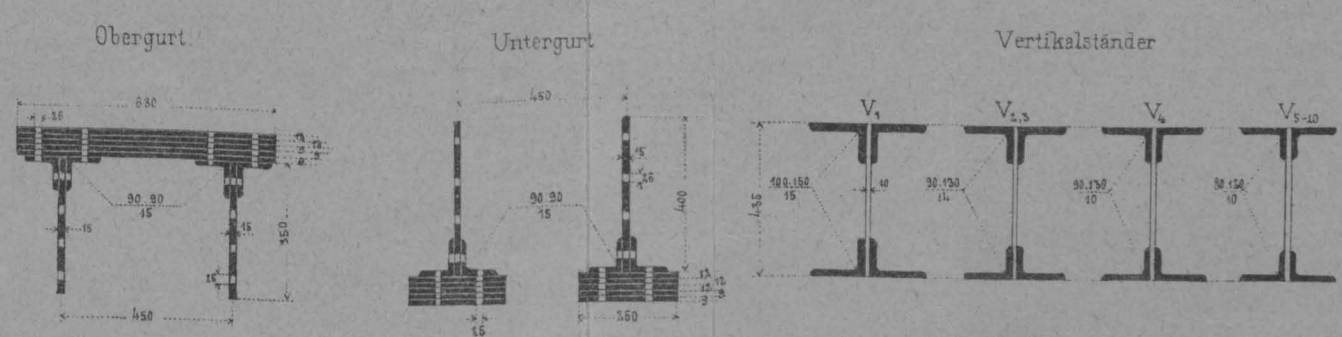
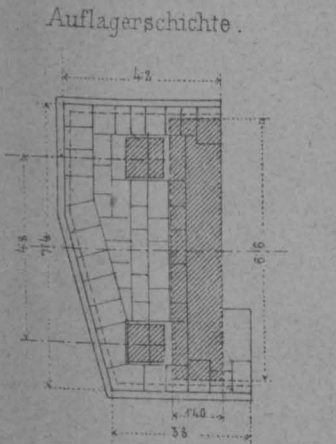
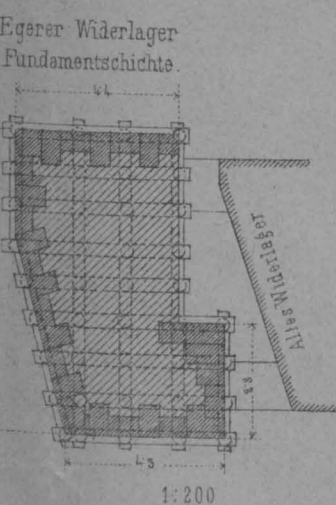
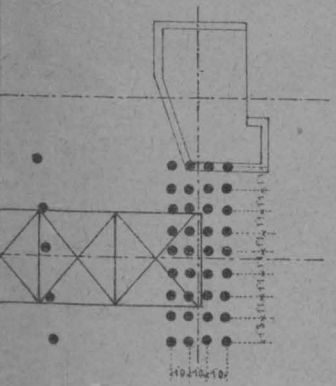
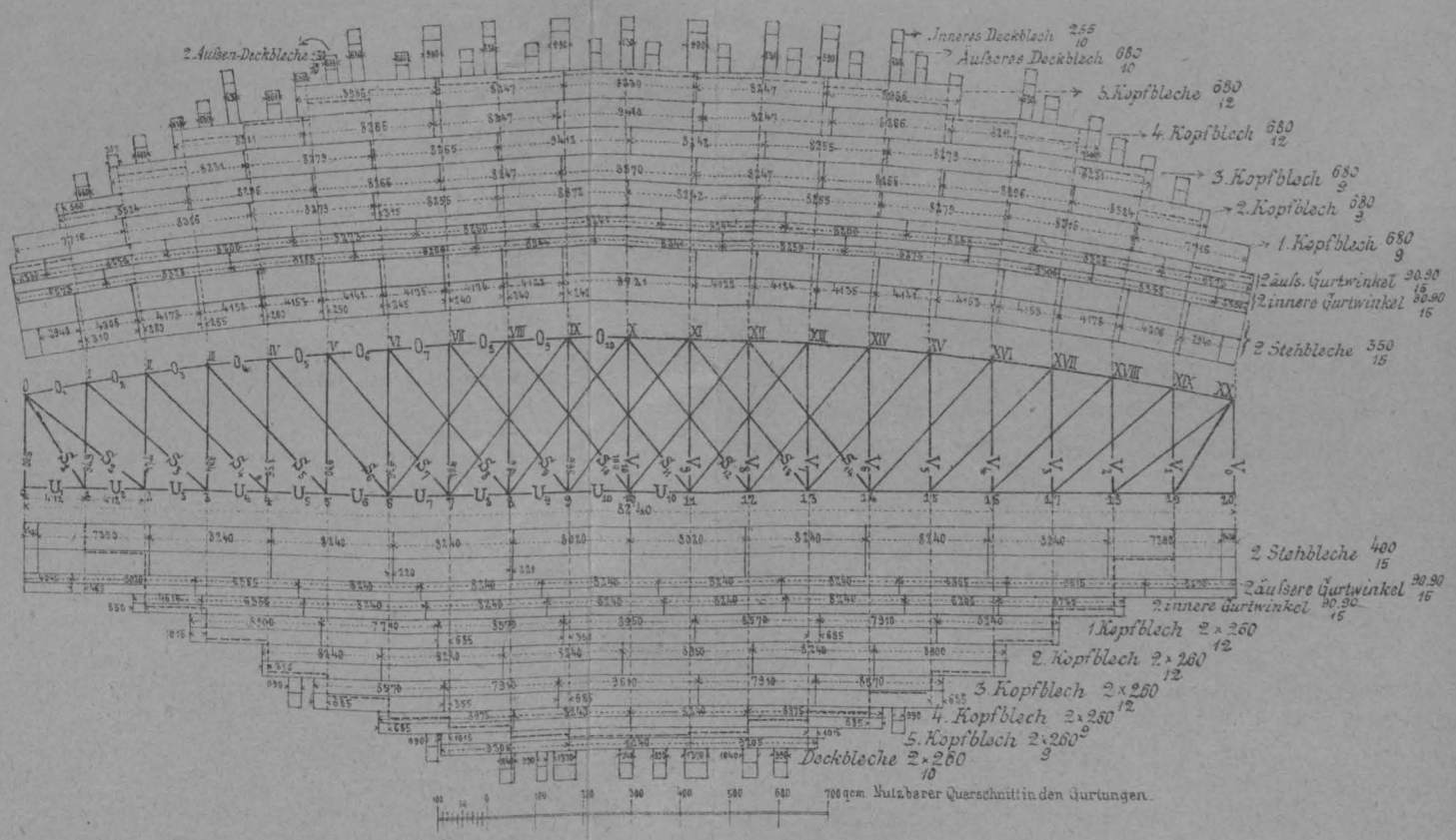
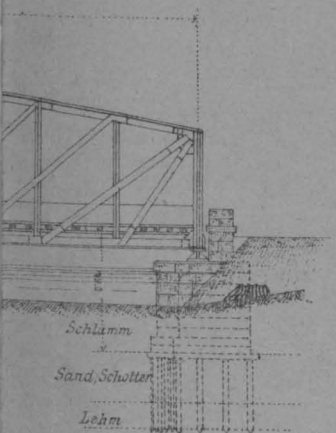
Detail der Senkvorrichtung.



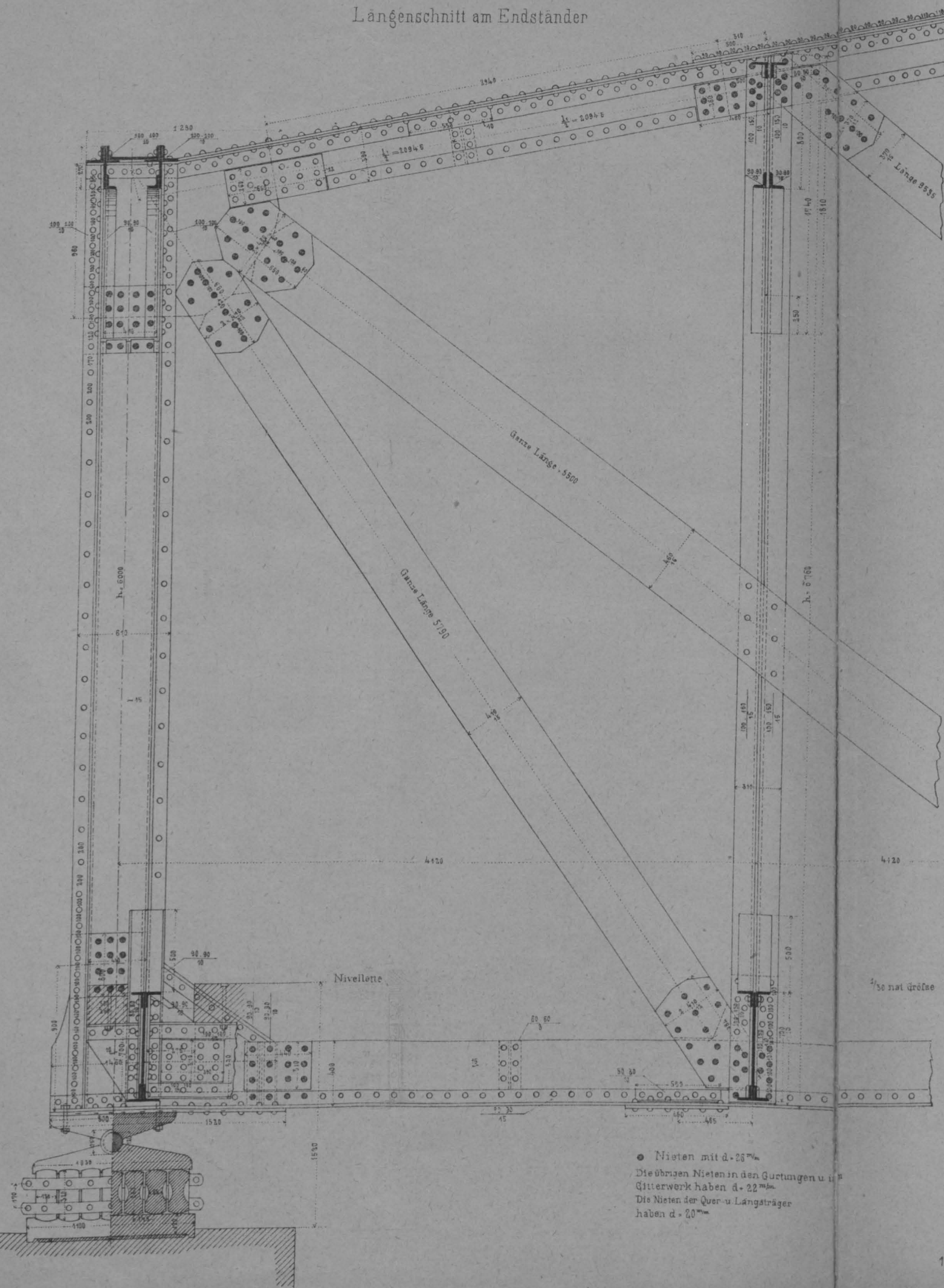
Ansicht des Vershubwagens



Materialvertheilung in den Gurtungen.



Längenschnitt am Endständer



Profil am Endständer

